

KEHITTÄMISTUTKIMUS:  
RELEVANTTI  
TUTKIMUKSELLINEN JA  
KOKEELLINEN OPISKELU  
LÄÄKEKEMIAN  
KONTEKSTISSA

Tanja Luostari  
Pro gradu -tutkielma  
Päivämäärä 27.3.2018  
Kemian opettajankoulutusyksikkö  
Kemian osasto  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Helsingin Yliopisto  
Ohjaajat: Maija Aksela ja Johannes Pernaa



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

MATEMAATTIS-LUONNONTIEDELLINEN TIEDEKUNTA  
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA FAKULTETEN  
FACULTY OF SCIENCE

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree programme Kemian aineenopettajan koulutusohjelma	
Tekijä – Författare – Author Tanja Luostari			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Kehittämistutkimus: Relevantti tutkimuksellinen ja kokeellinen opiskelu lääkekemian kontekstissa			
Työn laji – Arbetets art – Level pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year 21.3.2018	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 79 + 35 liitesivua
Tiivistelmä – Referat – Abstract <p>Opetus voidaan kokea relevantiksi kolmella relevanssiteorian tasolla: henkilökohtainen, yhteiskunnallinen ja ammatillinen taso. Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on vastata kolmesykyisen kehittämistutkimuksen avulla kolmeen tutkimuskysymykseen, jotka ovat 1. Minkälainen tarve nykyhetkellä on lääkekemian kontekstiin pohjautuvilla oppilastöillä? 2. Mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin lääkekemian oppilastyön suunnittelussa? 3. Minkälainen on opiskelijoiden mielestä relevantti kokeellinen lääkekemian työ ja millä tasoilla he kokevat lääkekemian kontekstissa toteutetun oppilastyön relevantiksi?</p> <p>Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen etsittiin vastausta empiirisellä ongelma-analyysillä, joka suoritettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa kartoitettiin kyselytutkimuksen avulla 17 lukiolaisen käsitystä siitä, minkälainen on relevantti lääkekemian oppilastyö. Kyselytutkimuksen vastaukset analysoitiin teoreettisella sisällönanalyysillä. Kyselytutkimuksen jälkeen tehtiin oppikirja-analyysi, jossa kartoitettiin, miten paljon lääkekemia-aiheisia oppilastöitä uuden lukion opetussuunnitelman 2015 mukaisissa oppimateriaaleissa on jo valmiiksi. Oppikirja-analyysin aineisto analysoitiin aineistolähtöisellä sisällönanalyysillä.</p> <p>Teoreettisella ongelma-analyysillä vastattiin toiseen tutkimuskysymykseen. Siinä kartoitettiin aiempaa tutkimusta kokeellisuudesta ja tutkimuksellisuudesta opetusmenetelmänä sekä relevanssiteoriasta. Lisäksi teoreettisessa ongelma-analyysissä esiteltiin kemian aihealuetta, emulsioiden kemiaa, jota tutkielmassa kehitettävä oppimateriaali käsittelee.</p> <p>Kolmanteen tutkimuskysymykseen haettiin vastausta kehittämisprosessissa. Kehittämisprosessin tavoitteena oli luoda relevantti tutkimuksellinen ja kokeellinen oppilastyö lääkekemian kontekstissa. Ensimmäinen kehittämistuotos luotiin empiirisen ja teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta. Tämä kehittämistuotos arvioitiin tapaustutkimuksessa, johon osallistui 8 lukiolaista. Tapaustutkimuksessa lukiolaiset tekivät oppimateriaalin mukaisesti tutkimuksellisen oppilastyön ja vastasivat sen jälkeen kyselylomakkeeseen. Kyselytutkimuksen tulokset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä.</p> <p>Ensimmäisen tapaustutkimuksen jälkeen kehittämistuotosta muokattiin tapaustutkimuksen tulosten sekä relevanssiteorian pohjalta tutkimuksen tavoitteiden suuntaisiksi. Näin syntynyt uusi kehittämistuotos arvioitiin taas tapaustutkimuksessa, kuten ensimmäinenkin kehittämistuotos. Tapaustutkimuksen tulokset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Kehittämistuotosta muokattiin toisen tapaustutkimuksen jälkeen tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti kohti opiskelijoiden kokemusta relevantista oppilastyöstä. Muokkauksessa käytettiin apuna toisen tapaustutkimuksen tuloksia sekä relevanssiteoriaa.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijat toivovat kemian opetuksen auttavan heitä pärjäämään ylioppilaskirjoituksissa, saamaan hyvän jatko-opiskelupaikan sekä ohjaavan heidän ammatinvalintaansa. Lisäksi opiskelijat toivoivat, että opetus antaisi heille tietoa kemian teollisuudesta ja kemian merkityksestä ihmiselle. Oppikirjoista ei juuri löydy valmiita oppilastöitä, joiden avulla opiskelijoille voisi esitellä lääkekemiaan liittyviä ammatteja sekä lääketieteellisuutta.</p> <p>Relevanttia lääkekemian oppilastyötä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, kenen kannalta opetuksen halutaan olevan relevanttia ja millä relevanssiteorian tasolla. Tämän tutkimuksen kehittämisprosessi saavutettiin opiskelijoiden henkilökohtaisen relevanssin taso. Ammatillisen ja yhteiskunnallisen relevanssin tasojen saavuttaminen on haastavaa ja niitä pitäisi pyrkiä tuomaan lukion kemian opetuksessa enemmän tietoisesti esille.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Relevanssiteoria, Lääkekemia, Tutkimuksellisuus, Kokeellisuus			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Ohjaajat: Maija Aksela & Johannes Pernaa			

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Kehittämistutkimus .....</b>	<b>2</b>
2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä .....	2
2.2 tutkimuskysymykset.....	3
2.3 Kehittämistutkimuksen toteutus .....	4
<b>3. Teoreettinen ongelma-analyysi .....</b>	<b>6</b>
3.1 Lääkekemia .....	6
3.2 Emulsiot .....	6
3.2.1 Emulsioiden kemiaa .....	7
3.2.2 Emulsiot ja lietteet lääkekemian näkökulmasta .....	14
3.2.3 Emulsiot kemian opetuksessa.....	15
3.3 Kontekstuaalisuus kemian opetuksessa.....	16
3.3.1 Kontekstuaalinen oppiminen.....	16
3.3.2 Lääkekemia kontekstina .....	18
3.4 Kokeellinen ja tutkimuksellinen kemian opetus .....	19
3.4.1 Kokeellinen kemian opetus .....	19
3.4.2 Tutkimuksellinen kemian opetus.....	21
3.5 Relevanssiteoria .....	24
3.5.1 Relevanssi käsitteenä.....	24
3.5.2 Relevanssi opetuksessa.....	28
3.6 Yhteenveto teoreettinen ongelma-analyysi .....	29
<b>4. I Kehittämissykli .....</b>	<b>32</b>
4.1 Laadullinen sisällönanalyysi .....	32
4.1.1 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi .....	32
4.1.2 Teorialähtöinen sisällönanalyysi .....	32
4.2 Tarveanalyysi .....	33
4.2.1 Lääkekemian relevanssi: kyselytutkimus .....	33
4.2.2 Oppikirja-analyysi .....	37
4.4 Tarveanalyysin johtopäätökset.....	40
4.5 Oppilastyön kehittäminen .....	41
4.6 Kehittämistuotos 1.....	43
4.7 Kehittämistuotoksen arviointi ja jatkokehitys.....	46
4.8 Kyselytutkimus.....	46

4.8.1 Kyselylomakkeen laatiminen .....	47
4.8.2 Pilottitutkimus .....	48
4.8.3 Pilottitutkimuksen tulokset.....	50
<b>5. II Kehittämissykli .....</b>	<b>55</b>
5.1 Empiirinen ongelma-analyysi 2 .....	55
5.2 Ensimmäinen tapaustutkimus.....	55
5.3 Ensimmäisen tapaustutkimuksen tulokset.....	57
<b>6. III Kehittämissykli .....</b>	<b>63</b>
6.1 Empiirinen ongelma-analyysi 3 .....	63
6.1.2 Kehittämistuotos 3.....	63
6.2 Toinen tapaustutkimus .....	64
6.3 Toisen tapaustutkimuksen tulokset .....	64
6.4 Kehittämistuotoksen jatkokehittäminen.....	68
6.5 Kehittämistuotos 4.....	69
<b>7. Johtopäätökset ja jatkotutkimusmahdollisuudet .....</b>	<b>71</b>
7.1 Lääkekemia-aiheisten oppilastöiden tarve .....	71
7.2 Relevantin oppilastyön suunnittelu .....	72
7.3 Opiskelijoiden näkemys relevantista lääkekemian työstä.....	73
7.4 Tutkimuksen luotettavuustarkastelu.....	75
7.5 Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimusmahdollisuudet .....	77
<b>Lähteet .....</b>	<b>78</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>84</b>

## 1. Johdanto

Luonnontieteiden opetuksen relevanssia selvittävän ROSE- projektin (The relevance of science education) mukaan opiskelijat eivät koe kemian opetusta relevanttina itselleen. Luonnontieteiden opetuksen tutkijat ja kehittäjät ovat huolissaan siitä, etteivät opiskelijat kiinnostu kemiasta tai fysiikasta riittävästi hakeutuakseen opiskelemaan näihin liittyviä aloja. (Lavonen et al. 2008; Sjøberg & Schreiner, 2005)

Yksi syy sille, miksi nuoret eivät halua suuntautua kemian alalle on kokonaiskuvan puute. Kemian alaa ei koeta mielenkiintoiseksi, koska kemian opiskelun koetaan olevan irrallisten faktojen opiskelua, jolla ei ole suurempaa merkitystä (Osborne, 2007).

Yhteiskunnallisesti olisi kuitenkin hyvin tärkeää, että osaavia ja motivoituneita nuoria hakisi jatkossakin kemian aloille. Kemian alalla on suuri merkitys yhteiskunnallemme. Kemianteollisuus ry selvitytti konsulttiyhtiö KPMG:n kautta kemianteollisuuden välittömät ja välilliset vaikutukset Suomen taloudelle vuonna 2017. Työntekijöissä mitattuna kemianteollisuus työllistää Suomessa suoraan 34 000, mutta välillisesti jopa 93 000 henkeä. Kemianteollisuuden verokertymä Suomeen on jopa 3,2 miljardia euroa. (KPMG, 2017)

Kemian avulla pyritään myös etsimään ratkaisua moniin kansallisiin ja kansainvälisiin ympäristöongelmiin. Kemia mahdollistaa muun muassa kestävän kehityksen ja biotalouden sekä auttaa ymmärtämään näiden tärkeyttä yhteiskunnallemme (Aksela, 2016).

Lääkkeet ja terveys ovat yksi linkki, joka yhdistää opiskelijoita kiinnostavat aihealueet ja kemian opiskelun. ROSE-projektissa selvitettiin, että terveys ja lääkkeiden vaikutukset ovat niitä harvoja kemian aiheita, jotka kiinnostivat sekä tyttöjä että poikia (Lavonen et al. 2008; Sjøberg & Schreiner, 2005).

Tämä pro gradu –tutkielman tavoitteena oli kehittää relevantti oppilastyö lääkekemian kontekstissa. Materiaalin tavoitteena on tarjota opiskelijoille käytännönläheinen tapa opiskella emulsioiden kemiaa sekä tutustua lääkekemiaan alana. Tämä tutkielma yrittää vastata seuraaviin ongelmiin: 1) kemian opetus koetaan irrallisten faktojen opetteluna 2) kemiaa ei koeta relevanttina arkielämää, työelämää eikä yhteiskuntaa varten.

Oppimateriaali sopii kaikille lukion kursseille, mutta erityisesti lukion KE1 kurssille, jossa käsitellään emulsioita sekä mahdollisille lukion kemian työkursseille.

## 2. Kehittämistutkimus

Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmänä on käytetty kehittämistutkimusta. Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on tuottaa kehitystuotoksena relevanttia ja tutkimuksellista oppimateriaalia lukion kemian opetukseen.

Alaluvussa 2.1 on esitelty kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä. Alaluku 2.2 esittelee tutkimuksen tutkimuskysymykset ja 2.3 kehittämistutkimuksen käytännön toteutusta.

### 2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä

Kehittämistutkimus englanniksi *design-based research (DBR)* tai *design research* on suhteellisen uusi tutkimusmenetelmä, sitä kehitettiin USA:ssa jo 90-luvulla, mutta se alkoi saada suosiota vasta 2000-luvun alussa (Anderson & Shattuck, 2012; Pernaa, 2013). Tämä tutkimusmenetelmä on kehitetty pääasiassa opetuksen tutkijoiden toimesta opetuksen tutkimisen työvälineeksi. Kehittämistutkimuksen avulla pyritään tuomaan kasvatustieteen uusimpia tutkimustuloksia ja teorioita käytäntöön sekä kehittämään opetuksen vaikuttavuutta (engl. impact) ja siirrettävyyttä (engl. transfer). (Anderson & Shattuck, 2012)

Kehittämistutkimuksella pyritään kaventamaan kuilua, joka estää opetuksen tutkimusta ja käytännön opetusta kohtaamasta. Ongelmana on ollut, että opetuksen tutkimuksen tulokset ja tutkimuksen perusteella kehitetyt uudet teoriat eivät tyypillisesti ole siirtyneet käytännön koulumaailmaan, jossa niistä voisi olla hyötyä. Kehittämistutkimus pyrkii vastaamaan tähän yhdistämällä opetuksen tutkimisen ja opetusmateriaalien kehittämisen tutkimuksen pohjalta. (Anderson & Shattuck, 2012; Juuti & Lavonen, 2006; Pernaa, 2013)

Kehittämistutkimus on monimuotoinen tutkimusmenetelmä ja sille ei ole voitu antaa yksiselitteistä määritelmää. Kehittämistutkimusta voidaan toteuttaa monella eri tavalla, mutta Edelsonin (2002) mukaan kehittämistutkimukseen kuuluu aina kolme seuraavaa vaihetta:

1. **Ongelma-analyysi**, kartoittaa kehittämistutkimuksen tarpeen sekä tutkimuksen tavoitteet. Tutkimuksen ongelma-analyysina voidaan käyttää empiiristä ongelma-analyysia tai teoreettista ongelma-analyysia tai suorittaa molemmat ongelma-analyysin muodot.

2. **Kehittämisprosessi**: Tässä osiossa tehdään päätökset siitä, miten tutkimus suoritetaan ja millaista materiaalia tutkimuksella tuotetaan, jotta voidaan vastata tutkimukselle asetettuihin

tavoitteisiin. Kehittämisprosessin luotettavuuden takaamiseksi, se tulee kuvata mahdollisimman tarkasti.

**3. Kehittämistuotos,** Esimerkiksi kontekstuaalinen oppimateriaali, opetusmenetelmä tai opetustekniikka, joka syntyy kehittämisprosessin tuloksena. Tutkijan ratkaisu ongelma-analyysissä nähtyyn tarpeeseen ja siinä esitettyihin tavoitteisiin.

Kehittämistutkimus tapahtuu sykleittäin. Kun tutkimuksen avulla on saatu ensimmäinen kehittämistuotos, sitä tarkastellaan ongelma-analyysissä määritellyn teoriakehyksen pohjalta ja tutkimuksen tavoitteiden pohjalta. Tämän jälkeen kehittämistuotosta muokataan ja parannellaan uudeksi kehittämistuotokseksi tutkimusten tuloksien, tutkimuksessa käytetyn teoriakehyksen ja tutkimuksen tavoitteiden pohjalta. Uusi kehittämistuotos arvioidaan taas ja siihen tehdään parannuksia ja muokkauksia, kuten ensimmäiseenkin kehittämistuotokseen. Tätä sykliä voidaan toistaa useita kertoja tutkimuksen tarpeen mukaan.

Kehittämistutkimuksen suurimpina ongelmoina pidetään tutkimuksen luotettavuuden arviointia (Edelson, 2002; Pernaa, 2013). Kehittämistutkimusta ei ehkä tulisikaan arvioida samoilla mittareilla, kuin perinteisillä tutkimusmenetelmillä suoritettuja empiirisiä tutkimuksia. Kehittämistutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa voitaisiin Edelsonin (2002) mukaan käyttää mittarina tutkimuksen yleispätevyyttä ja kykyä vastata alkuperäisiin tarpeisiin.

## 2.2 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää relevantti tutkimuksellinen lääkekemian oppilastyö erityisesti lukion kemian kursseille käytettäväksi. Tutkimuskysymykset, jotka määrittelevät tutkimuksen tavoitteet, ovat seuraavat:

1. Minkälainen tarve nykyhetkellä on lääkekemian kontekstiin pohjautuvilla oppilastöillä?
2. Mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin lääkekemian oppilastyön suunnittelussa?

3. Minkälainen on opiskelijoiden mielestä relevantti kokeellinen lääkekemian työ ja millä tasoilla he kokevat lääkekemian kontekstissa toteutetun oppilastyön relevantiksi?

## 2.3 Kehittämistutkimuksen toteutus

Aksela ja Pernaa (2013) ovat esittäneet, että pro gradutasolla kehittämistutkimuksen voisi toteuttaa kahdella syklillä. Tällöin tutkimus sisältäisi seuraavat vaiheet:

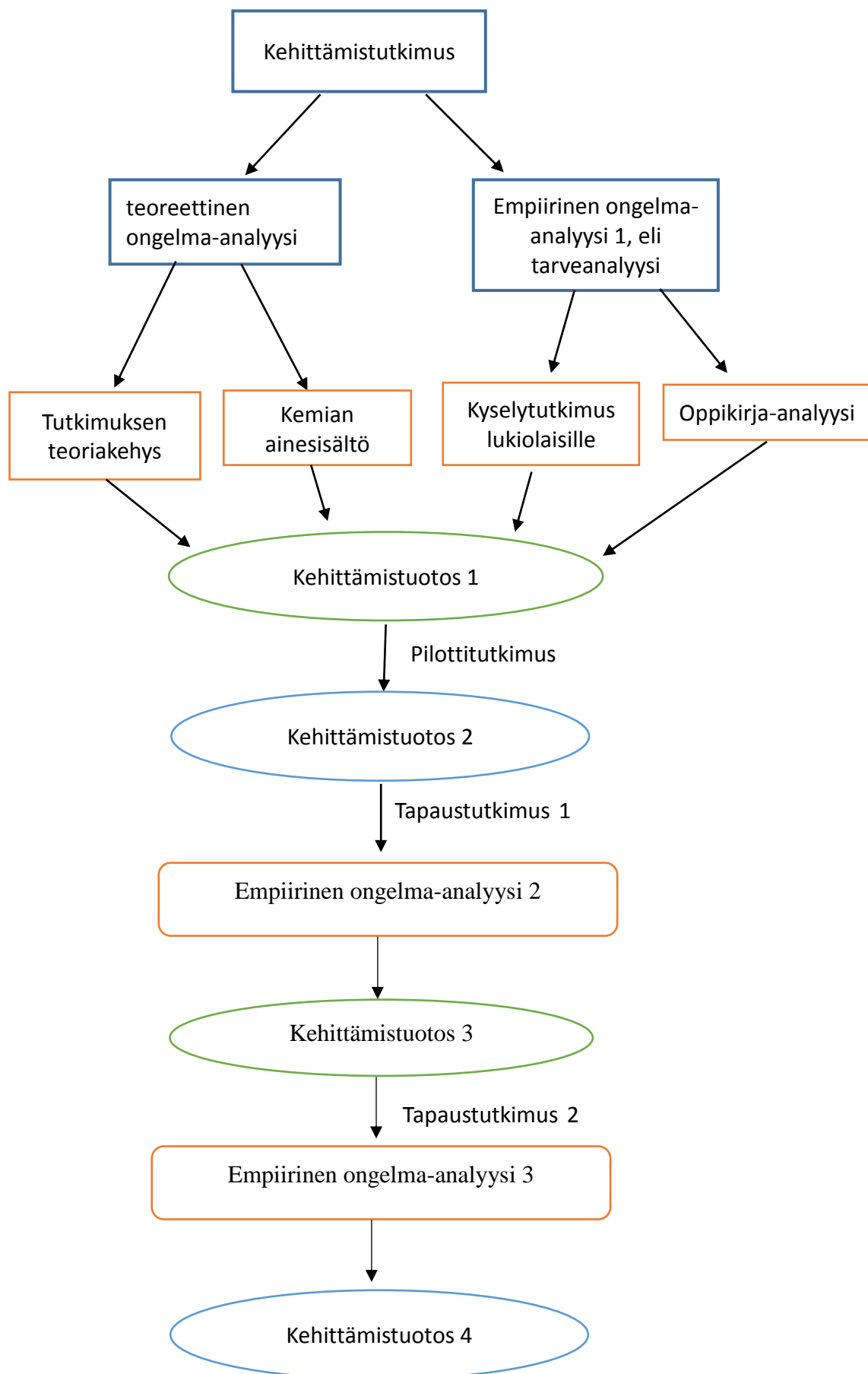
1. Teoreettinen ongelma-analyysi
2. Empiirinen ongelma-analyysi
3. Ensimmäinen kehittämisvaihe
4. Toinen empiirinen ongelma-analyysi, jossa ensimmäisen kehittämisvaiheen tulosta testataan mahdollisimman autenttisella kohderyhmällä
5. Toinen kehittämisvaihe, jossa testissä saatujen tulosten pohjalta muokataan kehittämistuotosta
6. Raportointi

Pro gradun vaiheiksi ehdotettu tutkimusrunko sisältää kaksi sykliä. Tämä pro gradu - tutkielma eroaa tästä ehdotetusta rungosta hivenen, sillä tässä tutkimuksessa on tehty kolme sykliä ehdotetun kahden sijaan. Tutkielman vaiheet on havainnollistettu kaaviona kuvassa

2.1. Kolmesyklisen kehittämistutkimuksen vaiheet ovat:

1. Teoreettinen ongelma-analyysi
2. Empiirinen ongelma-analyysi
3. Ensimmäinen kehittämisvaihe
4. Toinen empiirinen ongelma-analyysi, jossa ensimmäisen kehittämisvaiheen tulosta testataan mahdollisimman autenttisella kohderyhmällä.
5. Toinen kehittämisvaihe, jossa testissä saatujen tulosten pohjalta muokataan kehittämistuotosta.
6. *Kolmas empiirien ongelma-analyysi, jossa toisen kehittämisvaiheen tulosta testataan mahdollisimman autenttisella kohderyhmällä.*
7. *Kolmas kehittämisvaihe, jossa testissä saatujen tulosten pohjalta muokataan kehittämistuotosta.*
8. Raportointi





Kuva 2.1 Tämän kehittämistutkimuksen vaiheet.

### 3. Teoreettinen ongelma-analyysi

#### 3.1 Lääkekemia

Lääkekemia, englanniksi medical chemistry, on farmaseuttisen kemian ala, joka käsittelee lääkeaineiden kemiallista rakenteita, uusien lääkeaineiden suunnittelua, lääkeaineiden valmistusta, lääkeaineiden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja lääkevaikutuksen kemiallisesta perustaa eli lääkeaineanalytiikkaa (Rautio, Laine, Jarho, Wallén, Vuorensola Wikberg & Lindeke, 2013).

Lääkeaineet ovat kemiallisia yhdisteitä, useimmiten orgaanisia hiilen yhdisteitä. Noin 50 % kaikista markkinoilla olevista lääkeaineista on kehitetty jonkin luonnonaineen pohjalta. Kiinnostavimmat ja tärkeimmät funktionaaliset ryhmät lääkekemian kannalta ovat amino-, karboksyyli-, hydroksyyli ja sulfonamidiryhmät. Tämä johtuu siitä, funktionaalisten ryhmien yksi tärkeimmistä tehtävistä on tehdä lääkeaineesta poolisempi. Poolinen yhdiste liukenee paremmin elimistöstä ruuansulatuskanavan nesteisiin ja pääsee näin paremmin imeytymään suolistosta verenkiertoon. Imeytyminen verenkiertoon on kriittisen tärkeä vaihe, sillä verenkierron avulla lääkeaine pääsee kohdekudokseensa vaikuttamaan. Lääkeaineen tulee kuitenkin olla sen verran rasvaliukoinen, että se läpäisee passiivisesti solukalvon. Lääkeaineen vesiliukoisuuden ja rasvaliukoisuuden sopivan suhteen löytäminen kullekin lääkeaineelle on yksi lääkekemian haasteista. (Aminod, Lennernäs, Shah, Crison, 1995; Rautio et al., 2013)

Lääkeaineen kemiallinen rakenne määrittää lääkeaineen tehon, turvallisuuden sekä käyttäytymisen elimistössämme. Lisäksi lääkekemialla on tärkeä rooli uusien annosmuotojen ja annostelumateriaalien kehittämisessä. (Rautio et al., 2013)

#### 3.2 Emulsiot

Tässä kappaleessa käsitellään emulsioita. Kappaleessa 3.1.1 esitellään lyhyesti emulsioita sekä emulsion muodostumista kemian näkökulmasta. Kappaleessa 3.1.2 esitellään, miten emulsiota käsitellään kemian opetuksessa sekä miten ne esiintyvät lukion opetussuunnitelman perusteissa.

### 3.2.1 Emulsioiden kemiaa

Kolloidit ovat yksi heterogeenisistä seostyypeistä. Kolloidiksi määritellään seos, jossa on partikkeleita, joiden läpimitta on 1-10 nm, ja nämä partikkelit ovat tasaisesti jakautuneet ulkoiseen faasiin (Petrucci, 2007). Emulsio on kolloidi, joka muodostuu kahdesta toisiinsa sekoittumattomasta nesteestä, useimmiten vedestä ja öljystä. (Tadors, 2013; Walstra, 1993). Emulsioihin törmätään arkielämässä, kun juodaan maitoa, levitetään kosteusvoidetta, taiteillaan maaleilla tai kun syödään voita tai majoneesia. Emulsion lisäksi muita kolloidisia seoksia ovat esimerkiksi aerosolit ja vaahdot. Eri kolloidityypit on esitetty taulukossa 3.1.

*Taulukko 3.1 Kolloidit koostuvat aina kahdesta faasista, sisäfaasista ja ulkofaasista. Kolloidityyppi määräytyy näiden faasien olomuotojen mukaan. (Petrucci, 2007)*

Kolloidityyppi	Sisäfaasi	Jatkuvafaasi	Esimerkki
<b>Sooli</b>	Kiinteä	Neste	Veri, maali
<b>Vaahto (a)</b>	Kaasu	Kiinteä	Kermavaahdo
<b>Vaahto (b)</b>	Kaasu	Neste	Hohkakivi
<b>Aerosoli (a)</b>	Kiinteä	Kaasu	Savu
<b>Aerosoli (b)</b>	Neste	Kaasu	Usva, sumu
<b>Geeli</b>	Neste	Kiinteä	Hiusgeeli
<b>Emulsio</b>	Neste	Neste	maito, majoneesi, eräät maalit

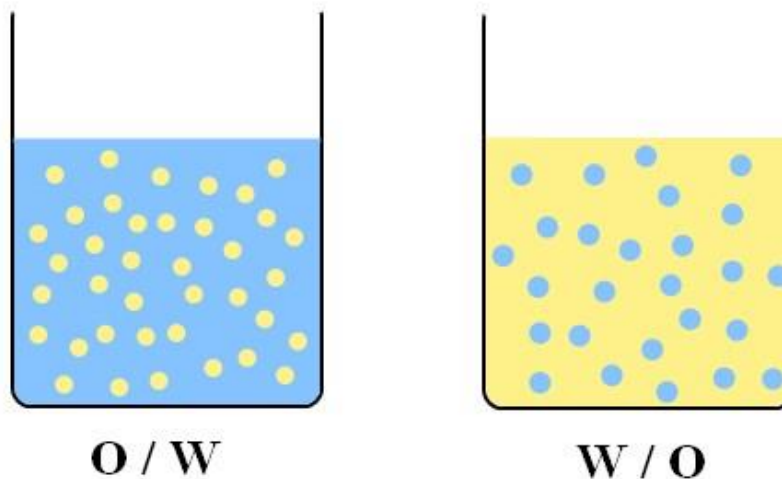
Paljaalla silmällä katsottuna emulsio vaikuttaa homogeeniseltä seokselta, mutta lähemmin tarkasteltuna huomataan, että se on heterogeeninen seos. Emulsio koostuu kahdesta nestemäisestä faasista, joista toinen on dispergoitunut pieniksi pisaroiksi tai palloiksi toiseen faasiin. Dispergoitunutta faasia kutsutaan sisäfaasiksi, ja toista faasia joko ulkoiseksi tai jatkuvaksi faasiksi.

Emulsiot jaetaan yleisesti kolmeen luokkaan öljy vedessä -emulsio eli O/W-emulsio, vesi öljyssä -emulsio eli W/O-emulsio ja öljy öljyssä emulsio O/O-emulsio. Ensiksi mainittu

faasi on aina sisäfaasi ja jälkimmäinen faasi jatkuvafaasi. Esimerkiksi öljy vedessä -emulsiossa öljy on dispergoitunut pieniksi öljypallosiksi vesifaasiin. Kuvassa 3.1 on havainnollistettu W/O ja O/W -emulsioita. Emulsiotyyppien lisäksi emulsiot voidaan jakaa viiteen rakenneluokkaan, jotka ovat

1. **O/W ja W/O Makroemulsiot**, partikkeli koko välillä 0,1-5 $\mu$ m, kineettisesti stabiili
2. **Nanoemulsiot**, partikkelikoko välillä 20-100 nm, kineettisesti stabiili
3. **Mikroemulsiot**, 5-50 nm, termodynaamisesti stabiili
4. **Kaksin- tai moninkertaiset emulsiot**, emulsioita, jotka on valmistettu emulsioista, W/O/W ja O/W/O
5. **Mixed emulsion**, Emulsiot joihin on dispergoituneena kahta eri aineen pisaraa, jotka eivät sekoitu toisiinsa. (Tadors, 2013)

Tässä kappaleessa keskitytään tarkastelemaan makroemulsioita.



*Kuva 3.1 Vasemmalla öljy vedessä -emulsio eli O/W -emulsio, jossa rasvafaasi on dispergoitunut pieniksi pallosiksi vesifaasiin. Oikealla vesi öljyssä -emulsio, jossa vesifaasi on dispergoitunut pieniksi pallosiksi rasvafaasiin.*

Emulsion muodostumiseen tarvitaan vesifaasi, öljyfaasi, energiaa ja pinta-aktiivinen yhdiste, eli emulgaattori. Vesifaasin ja öljyfaasin ei nimistään huolimatta tarvitse olla vettä ja öljyä, vaan vesifaasina voi toimia veden sijaan muutkin pooliset nesteet ja öljyfaasina muutkin poolittomat nesteet, kuin öljyt. Öljy öljyssä -emulsioissa poolinen ja pooliton öljy muodostavat emulsion. Emulgoinnissa nämä kaksi toisiinsa normaalisti sekoittumatonta

nestefaasia saadaan emulgoitua energian lisäämisen avulla. Jotta sisäfaasiksi aiottu neste pilkkoutuisi pienemmiksi pisaroiksi, tulee nesteeseen kohdistaa sellainen määrä energiaa, joka ylittää pisaraa kasassa pitävän Laplacen paineen  $P_L$  (Ks. Kaava 1.). Riittävän voimakas turbulentti virtaus on tehokas tapa saada nestepisaran muoto rikkoutumaan mekaanisen energian avulla. Käytännössä tämä tarkoittaa seoksen sekoittamista tai vatkausta teholla, joka saa faasit sekoittumaan toisiinsa. (Walstra, 1993)

*Kaava 1: Laplacen paine  $P_L$ , jossa  $P_L$  kuvaa painetta, joka vallitsee kaarevalla faasien välisellä pinnalla.  $\gamma$  kuvaa faasien välistä jännitystä  $R_1$  ja  $R_2$  kaarien sädetä. Huom. Pallomaiselle pisaralle  $R_1=R_2$*

$$P_L = \gamma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Emulsion muodostumiseen tarvittavan energian määrää voidaan vähentää lisäämällä seokseen pinta-aktiivisia aineita eli surfaktantteja (*engl. surfactant*), joita emulsioiden yhteydessä kutsutaan emulgaattoreiksi. Pinta-aktiiviset aineet ovat amfifilisiä. Niiden kemiallisen rakenteen ansiosta ne liukenevat sekä poolisiin, että poolittomiin yhdisteisiin ja hakeutuvat emulsioissa näiden kahden faasin rajapinnalle (Aulton, 2007). Emulgaattorit alentavat faasien välistä pintajännitystä alentaen samalla pisaroiden pilkkoutumiseen tarvittavan energian määrää ja helpottavat emulsion muodostumista. Emulgaattorit myös hidastavat pisaroiden uudelleen yhdistymistä. (Walstra, 1993) Emulgaattorit ovat usein orgaanisia molekyylejä, joilla on vesihakuinen eli hydrofiilinen pää ja vesipakoinen eli hydrofobinen häntä (Ks. Kuva 3.2). Emulgaattorien hydrofobinen häntä on usein tyydyttynyt tai tyydyttymätön pitkä hiiliketju. Hydrofiilinen pää voi olla anioninen, kationinen tai varaukseton. Pinta-aktiiviset aineet luokitellaan usein hydrofiilisen pään rakenteen mukaan anionisiin, kationisiin ja varauksettomiin yhdisteisiin. (Aulton, 2007)

Sopiva emulgaattori W/O ja O/W -emulsioihin valitaan vieläkin usein empiirisen tutkimuksen pohjalta. Semiempiirinen tapa valita emulgaattori on käyttää HLB-systeemiä eli hydrofolic-lipofilic balance -systeemiä. HLB-asteikko perustuu hydrofobisten ja hydrofiilisten ryhmien prosenttiosuuteen molekyylissä. HLB-systeemin kehitti William Griffin vuonna 1948. Hän kehitti yksinkertaisen kaavan HLB-arvon laskemiselle (Ks. Kaava 2). Kaavasta saatujen arvojen avulla voidaan kertoa, sopiiko emulgaattori W/O-emulsioihin

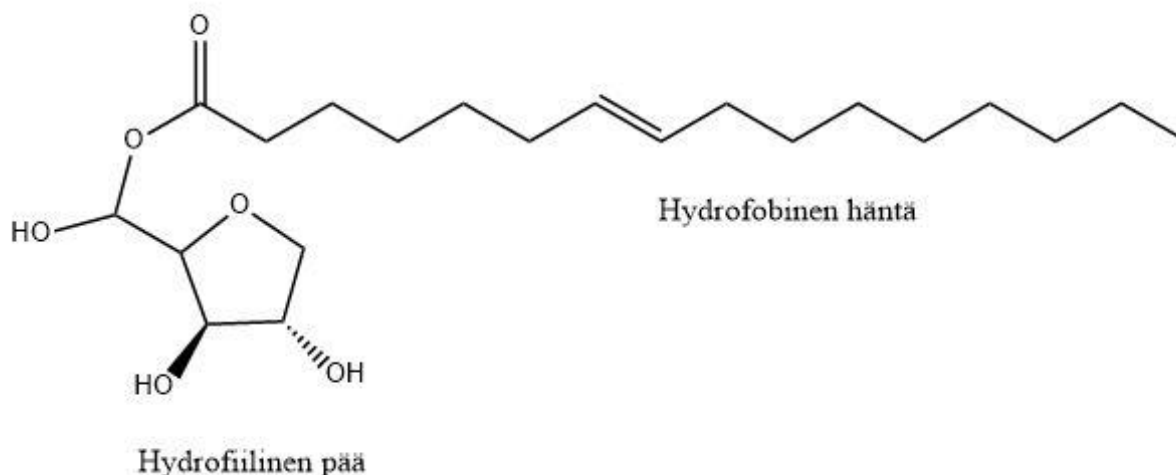
vai O/W-emulsioihin. HLB-arvot ovat välillä 0-20. Emulgaattorit, joiden HLB-arvo on välillä 3,5-6 sopivat W/O-emulsioihin ja emulgaattorit, joiden HLB-arvon on välillä 8-12 sopivat O/W -emulsioiden emulgaattoreiksi. Kirjallisuudesta löytyy HLB-arvoja myös rasvafaasin muille ainesosille, kuin emulgaattoreille. Rasvahakuisille aineille ilmoitetaan kirjallisuudessa usein kaksi HLB-arvoa, joista alempi on W/O -emulsioita varten ja korkeampi O/W -emulsioita varten. Emulgaattori sopii sitä paremmin käytettäväksi emulsioon, mitä lähempänä emulgaattorin HLB-arvo on rasvafaasi komponenttien yhteenlaskettua HLB-arvoa. (Aulton, 2007)

*Kaava 2. HLB-arvon laskeminen. Kaavassa S on esterin saippuoitumisluku ja A on happoluku.*

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{S}{A}\right)$$

*Taulukko 3.2 Eräiden yleisten rasvafaasin aineosien HLB-arvoja (Kristoffersson, 1987)*

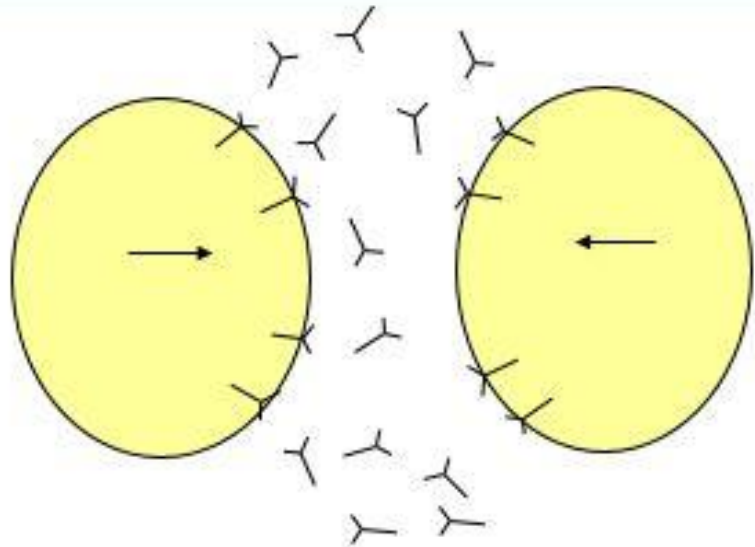
RASVAHAKUINEN AINE	W/O	O/W
STEARIINIhapPO	6	15
PARAFIINIÖLJY	5	15
MEHILÄISVAHA	4	12
KIINTEÄ PARAFIINI	4	11
LAMPAANVILLARASVA	8	10



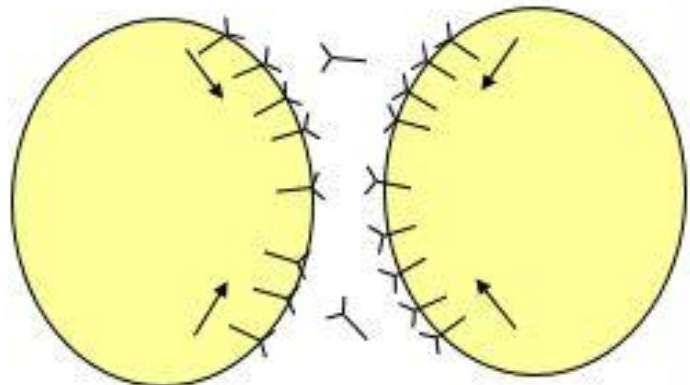
*Kuva 3.2 SPAN 80 eli sorbitaanimono-oleaattia käytetään emulgaattorina kosmetiikan ja lääkkeenvalmistuksessa. Se on veteen niukkaliukoinen, mutta liukenee hyvin liukoinen öljyihin. SPAN80:n HLB-arvo on 4,3 eli se toimii W/O-emulsioiden emulgaattorina.*

Bancroftin säännön mukaan käytetyn emulgaattorin liukoisuus ratkaisee, kummasta faasista, öljy vai vesi, tulee sisäfaasi ja kummasta ulkofaasi. Ulkofaasiksi eli jatkuvaksi faasiksi muodostuu se faasi, kumpaan emulgaattori liukenee paremmin. Bancroftin sääntö selittyy Gibbs-Marrangoni -stabiloitumisella, jota on havainnollistettu kuvassa 3.3 Gibbs-Marrangoni -stabiloituminen selittää myös osin emulgaattoreiden emulsiota stabiloivaa vaikutusta, sillä se estää dispergoituneita pisaroita yhdistymästä toisiinsa. Tämän lisäksi emulsiota stabiloi emulgaattorin muodostama steerinen este. Emulgaattori absorboituu kahden faasin rajapinnalle siten, että sen rasvahakuinen häntä on rasvafaasissa ja vesihakuinen pää vesifaasissa. Dispergoituneet pisarat eivät pääse yhdistymään yhtä helposti kuin ilman emulgaattoria, sillä sisäfaasista ulos osoittava emulgaattorin vesihakuiset päät tai rasvahakuiset hännät muodosta steerisen esteen toisen pisanan lähestymiselle. (Walstra, 1993; Tadors, 2013) Emulgaattorin stabiloivasta vaikutuksesta huolimatta emulsioiden dispergoitunut faasi pyrkii yhdistymään ja purkamaan emulsion.

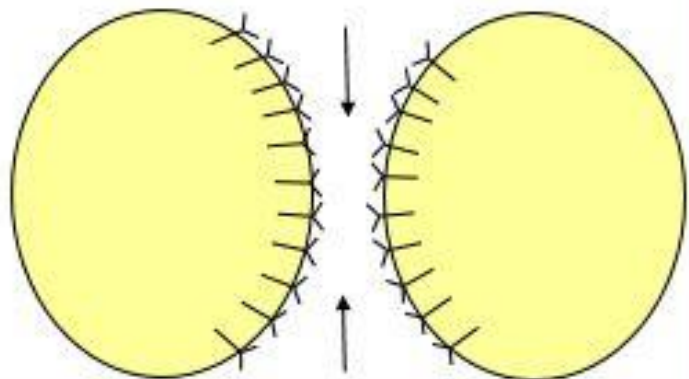
1. Kaksi dispergoitunutta öljypisaraa lähestyy toisiaan vesifaasissa. Öljypisarat eivät vielä ole absorboineet pinnoilleen riittävästi Y:n mallisina esitettyjä pinta-aktiiviset molekyylejä. Pinta-aktiivisten molekyyliden määrä vesifaasissa on pienin, kohdassa, jossa öljypisarat ovat lähimpänä toisiaan.



2. Faasien välinen jännite on suurimmillaan kohdassa, jossa pisarat ovat lähimmillään toisiaan. Tästä johtuen pinta sekä pinta-aktiiviset molekyylit liikkuvat kohti tätä kohtaa, jossa pisaroiden välinen filmi on ohuimmillaan.



3. Pinta-aktiivisten aineiden liikkuminen kohti pisaroiden välissä olevan filmin ohuinta kohtaa, saa ulkofaasin nesteen virtaamaan pisaroiden väliin ja pisarat liikkuvat nestevirtauksen avulla kauemmas toisistaan.

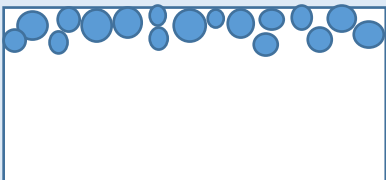
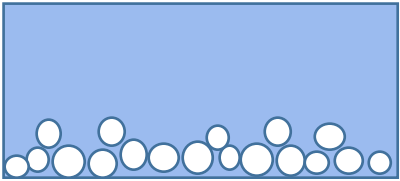
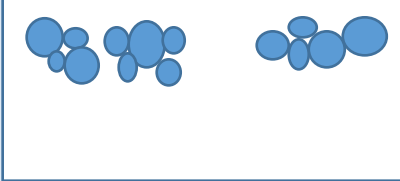
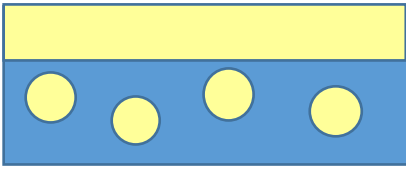
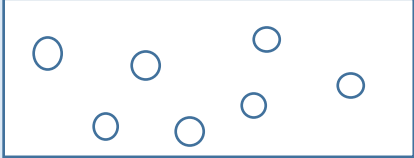
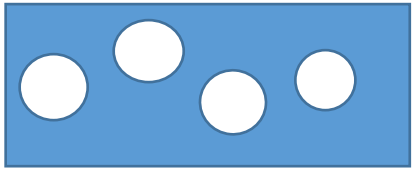


Kuva 3.3 Gibbs-Marrangoni-stabiloituminen selittää, emulgaattoreiden emulsiota stabiloivaa vaikutusta. (Mukaien Walstra, 1993)



Emulsion purkautuminen voi tapahtua useammalla mekanismilla. Fysikaaliset ilmiöt emulsion purkautumisen takana ovat tavasta riippumatta monimutkaisia. Näiden ilmiöiden selittäminen vaatisi useiden pintoihin vaikuttavien voimien analysointia. Näistä syistä purkautumiseen johtavien ilmiöiden selittäminen sivuutetaan tässä tutkielmassa, mutta erilaiset emulsion hajoamistavat on esitetty taulukossa 3.3. Emulsion purkautuminen voi tapahtua samanaikaisesti useammalla mekanismilla.

*Taulukko 3.3 Emulsion purkautuminen*

Emulsioin purkautumistapa	Mekanismi	Havainnollistus
<b>Kermoittuminen (engl. creaming)</b>	Esimerkiksi sentrifugoidessa sisäfaasin pisarat hakeutuvat jatkuvan faasin pinnalle, mikäli jatkuva faasi on tiheämpää kuin sisäfaasi.	
<b>Sedimentoituminen</b>	Sisäfaasin ollessa ulkofaasia tiheämpää, painuvat sisäfaasin dispergoituneet pisarat gravitaation vaikutuksesta pohjalle.	
<b>Flokkulaatio (engl. Flocculation)</b>	Dispergoituneet pisarat kasautuvat van der Waalsin voimien vetämänä ryppäiksi.	
<b>Yhdistyminen</b>	Kaksi pisaraa tai useampi pisara yhdistyvät isommaksi pisaraksi van der Waalsin voimien vaikutuksesta. Johtaa faasien erottumiseen.	
<b>Faasin vaihto</b>	Sisäfaasi ja jatkuva faasi alkavat vähitellen vaihtamaan paikkaa.	
<b>Ostwaldin kypsyminen (Engl. Ostwald ripening)</b>	Pienet pisarat liukenevat ja niiden sisältämät molekyylit diffusoituu vähitellen isompiin pisaroihin.	

### 3.2.2 Emulsiot ja lietteet lääkekemian näkökulmasta

Emulsion rasva- tai vesifaasi voi olla lääkeaineliuos. Jos lääkeaineet ovat enemmän rasvaliukoisia kuuluvat ne rasvafaasiin, jos taas enemmän vesiliukoisia kuuluvat ne vesifaasiin. Lääkeaine voi myös olla liettyneenä joko sisäisessä tai ulkoisessa faasissa. (Kristoffersson, 1987)

Emulsioita käytetään niin suun kautta, lihakseen, suonensisäisesti kuin ulkoisestikin annosteltavina lääkevalmisteina. Suun kautta annettaessa emulsiot ovat usein W/O -emulsioita, joiden tarkoitus on saada annosteltua veteen liukenematon lääke suun kautta. Vesifaasiin voi myös lisätä makuaineita, jotka voivat peittää rasvaliukoisen lääkeaineen pahaa makua. Yleisimmin emulsioita käytetään ulkoisesti iholle ja limakalvoille. Ulkoisesti annosteltavat emulsiot jaetaan kolmeen tyyppiin:

1. Kermamaiset (engl. Cream) emulsiot ovat paksuja ja melko kiinteitä.
2. Maitomaiset (engl. Lotion) emulsiot ovat juoksevampia kuin kermamaiset.
3. Linimentit (engl. Liniments) ovat juoksevia emulsioita, jotka on tarkoitus hieroa ihoon.

O/W -emulsioita käytetään vesiliukoisten lääkkeiden annostelemiseen iholle. Niillä on pääasiassa paikallinen vaikutus. O/W-emulsiot koetaan miellyttäväksi käyttää, sillä ne eivät jätä iholle kalvontuntua tai rasvaista tunnetta pitkäksi ajaksi. W/O -emulsiot estävät kosteuden haihtumista iholta. Niitä käytetään kuivan ihon rasvaamiseen ja kostutukseen. W/O -emulsioita voidaan myös käyttää ihon pesuun, sillä ne liuottavat rasvaliukoista likaa. Vettä-öljyssä -emulsioon voidaan lisätä vielä vahoja, kuten mehiläisvahaa tai esimerkiksi setyylialkoholia, jolloin saadaan ihoa suojaava voide, joka tekee ihon pinnalle vesiliukoisilta ärsykkeiltä suojaavan pinnan. (Aulton, 2007)

Mikäli ei ole selvää kumman tyyppisestä emulsiotyypistä on kyse W/O -emulsio tai O/W -emulsio, pystytään emulsiotyypit erottamaan toisistaan kolmella tavalla.

1. Liuotustestillä, emulsio liukenee ominaisuuksiltaan vain samanlaiseen liuottimeen, kuin emulsion ulkofaasi.
2. Sähkönjohtavuustestillä, öljy-vedessä -emulsio eli O/W -emulsio johtaa sähköä vesi-öljyssä -emulsio ei johda sähköä.

3. Värjäämistestillä, emulsiovoiteeseen tiputetaan joko vesiliukoista tai rasvaliukoista väriä. Värin lisäämisen jälkeen mikroskoopin avulla tutkitaan, kumpi faaseista on värjäytynyt. (Aulton, 2007, Kristoffersson 1987)

Lietteet ovat kiinteän aineen heterogeenisiä dispersioita. Niissä kiinteä aines on dispergoituneena nestemäiseen faasiin, kuten öljyyn tai veteen. Lietteen kiinteän dispergoituneen faasin hiukkaskoon tulee olla 0,5-200 µm. Lietteitä voidaan annostella suun kautta, kuten jotkin närästyslääkkeet, ihon alle tai lihakseen pistoksina (mikäli hiukkaskoko on tarpeeksi pieni) sekä ulkoisesti iholle, silmiin tai nenän limakalvoille. Useat ulkoisesti käytetyt linimentit, etenkin iholle annosteltavat pastat ovat lietteitä. (Kristoffersson, 1987)

Lietevoiteita ja pastoja voidaan valmistaa liettämällä hienoksi jauheeksi jauhettu lääkeaine voiteeseen, emulsiovoiteeseen, öljyyn tai vesipohjaiseen liuokseen. Syntyy dispersio, jossa voide- tai liuos pohjaan liukenematon lääkeaine tai aktiivinen aine voidaan annostella voiteen mukana iholle tai esimerkiksi suun kautta.

### 3.2.3 Emulsiot kemian opetuksessa

Emulsioita ei yksittäisenä yhdisteenä ole mainittu lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015, mutta emulsio on yksi heterogeenisten seosten alaluokka ja kuuluu siis tarkasteltavaksi samassa yhteydessä kuin muut yhdisteet ja seokset. Aineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien opiskelu ja tutkiminen on lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 sijoitettu ensimmäiseen lukion kemian kurssiin, joka kuuluu kaikille lukiolaisille lukion oppimäärään.

Yhdisteiden ja aineiden ominaisuudet ilmenevät opetussuunnitelmassa seuraavasti. Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 KE1 -kurssin, Kemiaa kaikkialla, tavoitteissa mainitaan ”*osaa käyttää ja soveltaa tietoa aineiden ominaisuuksista jokapäiväisen elämän ja ympäristön ilmiöissä*”. Saman KE1 -kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluu lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaan alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien tunteminen sekä aineiden ominaisuuksien selittäminen aineen rakenteen, kemiallisten sidosten ja poolisuuden avulla. (Opetushallitus, 2015)

Emulsioiden opetuksesta löytyy hyvin vähän tutkimusta. Mabrouk (2004) tutki opiskelijoiden kanssa emulsioiden ominaisuuksia, sähkönjohtokykyä, relatiivista fluoresenssia sekä pH:ta ja harjoitutti emulsioiden valmistusta opiskelijoilla. Opiskelijat kokivat emulsioiden sekoittamisen työlääksi, mutta muun valmistuksen opettavaiseksi. Työn

aikana he oppivat valmistamaan pysyvän emulsion sekä erottamaan vettä öljyssä -emulsion öljyä vedessä -emulsiosta. Työn jälkeen opiskelijat olivat hämmentyneitä emulsion formuloinnin helppoudesta sekä tyytyväisiä saadessaan tehdä kokeellisen työn, jonka tuotos oli hyödyllinen. (Mabrouk, 2004). Artikkelin pohdinnassa Mabrouk (2004) vielä väittää, että emulsioiden valmistaminen opiskelijoiden kanssa opettaa opiskelijoille kuluttajaläheistä kemiaa paremmin kuin luentotyylinen opetus.

### 3.3 Kontekstuaalisuus kemian opetuksessa

Tässä luvussa tarkastellaan kontekstuaalista oppimista, joka on yksi tämän tutkielman teoreettisista viitekehyksistä. Luvussa 3.1.1 tarkastellaan kontekstuaalista oppimista yleisellä tasolla ja luvussa 3.1.2 lääkekemiaa kemian opetuksen kontekstina.

#### 3.3.1 Kontekstuaalinen oppiminen

Kontekstuaalinen oppiminen (context-based learning) tarkoittaa oppimista jossain tietyssä asiayhteydessä (konteksti = asiayhteys). Perinteinen opetuskin tapahtuu kontekstissa. Siinä kontekstina on esimerkiksi koulu ja kemian luokka. Kontekstuaalisella opetuksella tarkoitetaan kuitenkin yleensä opetusta, joka on sidottu johonkin koulun ulkopuoliseen ja opiskelijoille arkielämästä tuttuun tai muuten heitä kiinnostavaan asiayhteyteen (Gilbert, 2006). Kontekstuaalisen oppimisen rinnalla, etenkin Pohjois-Amerikassa, puhutaan STS-lähestymistavasta eli science-technology-society -approach, jossa opetus järjestetään tieteen, teknologian ja yhteiskunnan konteksteissa. (Bennet, Lubben & Hogarth, 2007)

Kontekstuaalisella opetuksella pyritään herättämään opiskelijan sisäistä kiinnostusta ja motivaatiota opiskeltavaan asiaan (King & Ritchie, 2012). Jotta konteksti auttaisi herättämään opiskelijan kiinnostuksen tai motivaation opiskeltavaan aiheeseen, on sen oltava opiskelijalle tärkeä tai muuten mielenkiintoinen. Kontekstin huolellinen valinta on siis tärkeää innostavan opetuksen onnistumisen kannalta.

ROSE -projektissa (The Relevance of Science Education) kerättyjen haastattelujen perusteella Lavonen ja hänen tutkimusryhmänsä (2008) selvittivät, mitkä kemian ja fysiikan aihealueet ja teemat kiinnostavat suomalaisia 15-vuotiaita opiskelijoita eniten (Lavonen, Byman, Uitto, Juuti & Meisalo, 2008). He havaitsivat, että tyttöjä ja poikia kiinnostavat

erilaiset aihealueet ja teemat. Esimerkiksi teknologiaan liittyvät kysymykset kiinnostivat poikia, mutta eivät kiinnostaneet tyttöjä. Muutamia molempia sukupuolia kiinnostaneita aihealueita kuitenkin löytyi. Ympäristöongelmiin liittyvien kysymysten lisäksi ihmisen terveyteen, ihmisen biologiaan sekä kemikaalien vaikutuksiin ihmiselle liittyvät aihealueet kiinnostivat myös sekä tyttöjä että poikia.

Kontekstuaalisella opetuksella on tutkimusten perusteella todettu olevan useanlaista hyötyä oppijalle. Gilbert (2006) ehdottaa kontekstuaalista oppimista mahdollisuutena vaikuttaa luonnontieteiden opetuksessa vallitseviin viiteen ongelmaan: 1) opetussuunnitelman liian laaja opetussisältö 2) opetetaan irrallisia faktoja eikä kokonaisuuksia 3) opiskelijat eivät osaa soveltaa oppimiaan tietoja tai taitoja uudenlaisissa tilanteissa 4) opiskelijat eivät koe kemian opiskelua relevanttina 5) painotetaan vääränlaisia oppimistavoitteita, kuten ”sinun tulee oppia tämä asia, jotta pääset seuraavasta kurssista läpi” sen sijaan että painotettaisiin oppimistavoitteita, jotka auttavat opiskelijoita pärjäämään paremmin heidän omassa henkilökohtaisessa elämässään.

Selvittääkseen, mitä hyötyä kontekstuaalisella oppimisella on oikeasti saavutettu, King ja Ritchie (2012) analysoivat 5 kontekstuaalista kemian opetusohjelmaa. Analyysissä mukana olleet opetusohjelmat ovat: Chemistry in Context (American Chemical Society, 2001), Salters (University of York Science Education Group, 2000), Industrial Science in Israel (Hofstein and Kesner, 2006), Chemie im Kontext (Parchmann, Gräsel, Baer, Nentwig, Demuth & Ralle, 2006) ja Chemistry in Practice (Bulte et al. 2006).

Analyysissään King ja Ritchie (2012) havaitsivat kolmenlaista hyötyä verrattuna perinteiseen käsitelähtöiseen opetukseen. Kontekstuaalinen opetus saa opiskelijat kokemaan kemian opiskelun relevantimpana ja kiinnostavampana kuin perinteinen opetus. Lisäksi se auttaa opiskelijoita ymmärtämään paremmin tieteen luonnetta ja kemian merkitystä yhteiskunnalle. Tämä analyysi siis tukee Gilbertin (2006) tekemää ehdotusta siitä, että kontekstuaalisuus voisi vastata luonnontieteiden opetuksen viiteen yleiseen ongelmaan. Tosin Kingin ja Ritchien (2012) analyysin mukaan vain kolme Gilbertin (2006) mainitsemasta yleisestä ongelmasta olisi jossain määrin ratkaistavissa kontekstuaalisuuden avulla. Kahteen viidestä ongelmasta – opetussuunnitelman liian laajaan sisältöön ja vääränlaisten oppimistavoitteiden painottamiseen – ei Kingin ja Ritchien (2012) analyysissä otettu kantaa.

Hyötyjen lisäksi kontekstuaalisella opetusmenetelmällä on myös omat haasteensa, kun verrataan perinteiseen kemian käsitelähtöiseen opetukseen. King ja Ritchie (2012) esittävät, että yksi suurimmista haasteista on, että heikot opiskelijat eivät välttämättä hyödy kontekstuaalisesta opetuksesta, vaan jäävät vielä enemmän jälkeen muista opiskelijoista. Tämä johtunee Kingin ja Ritchien (2012) mukaan totuttujen rutiinien puuttumisesta ja siitä että kysymyksiin vastatessa opiskelijan tulee osata soveltaa tietoa.

### 3.3.2 Lääkekemia kontekstina

Lääkekemia kemian kontekstina voi käsittää lääkkeiden valmistusta, lääkeaineiden kemiallisten ominaisuuksien tutkimista sekä lääkkeiden kemiallisia vaikutusmekanismeja elimistössä. Useimmat lääkeaineet ovat orgaanisia molekyylejä. Niitä syntetisoidaan orgaanisen kemian synteesimenetelmillä ja niiden reaktiot elimistössämme ovat erilaisia orgaanisia reaktiota, kuten happo-emäsreaktioita, esterin hydrolysoitumisreaktioita ja hapettumis-pelkistymisreaktioita. Lisäksi lääkekemiaan liittyvät erilaiset analyysit ja lääkevalmisteiden laadun- sekä puhtauden valvonta, jotka kuuluvat analyttisen ja epäorgaanisen kemia osa-alueisiin. (Chatwal, 2009) Lääkekemian konteksti on siis luontevasti yhdistettävissä useampaan kemian osa-alueeseen ja erityisesti orgaaniseen kemiaan.

Kansainvälisen ROSE-projektin tulosten mukaan, opiskelijat eivät ole yhtä kiinnostuneita luonnontieteistä kuin muista oppiaineista. Jotkin luonnontieteiden aihealueet, kuten ympäristöasiat, terveys, kemikaalien ja lääkkeiden vaikutukset elimistöön kuitenkin kiinnostavat opiskelijoita. (Jenkins & Nelson, 2005) Huolimatta siitä, että lääkkeet ja terveys tutkimusten perusteella kiinnostavat opiskelijoita, tutkimusta kemian tai luonnontieteiden perus- tai lukio-opetuksesta lääkekemian kontekstissa on tehty vain vähän.

Yhdysvalloissa oppilaiden ja opiskelijoiden laskeva kiinnostus luonnontieteisiin on motivoinut tutkijoita etsimään keinoja lisätä opetuksen kiinnostusta ja relevanssia. Yksi yritys nostaa kiinnostusta erityisesti kemiaa ja biologiaa kohtaan on ollut PEP-I -ohjelma eli Pharmacology education partnership -ohjelma, jossa opetetaan kemiaa ja biologiaa farmakologian kontekstissa. Farmakologia on tiede, joka tutkii lääkkeiden vaikutusmekanismeja elimistössä. (Schwartz-Bloom, Halpin ja Reiter, 2011)

PEP-I -ohjelmalla saavutettiin sekä kiinnostuksen nousua luonnontieteitä kohtaan, että positiivisia oppimistuloksia kemian ja biologian asiasisällöstä. PEP-ohjelmaa osallistui 50

biologian ja kemian opettajaa Yhdysvalloista. Osa opettajista osallistui 5 päivän mittaiseen koulutukseen, jossa heitä koulutettiin hyödyntämään farmakologian kontekstia kemian ja biologian oppitunneilla. Koulutuksen saaneet opettajat opettivat seuraavan vuoden käyttäen hyväksensä farmakologian kontekstia ja opettajat, jotka eivät osallistuneet vielä koulutukseen jatkoivat opetustansa kuten aiemminkin. Opiskelijoiden kemian ja biologian asiasisällön osaamista testattiin vuoden lopussa kokeella. PEP-I ohjelman mukaista opetusta saaneilla opiskelijoilla todettiin olevan merkittävästi parempi ymmärrys kemian ja biologian peruskäsitteistä. PEP-I ohjelman jälkeen tehtiin vielä PEP-II -tutkimus, jossa opettajien koulutuksen määrä vähennettiin viidestä päivästä yhteen päivään sekä PEP DL (DL eli distance learning) -tutkimuksen, jossa opettajien koulutus tapahtui etänä. Kaikissa tutkimuksissa seuranta-aika oli yhden vuoden ja tulokset olivat yhteneviä PEP-I -ohjelman tuloksien kanssa. (Schwartz-Bloom, 2011; Schwartz-Bloom & Halpin, 2003)

Schwartz-Bloomin et al. (2011) tekemän tutkimuksen mukaan farmakologian eli lääkekemian kontekstin yhdistäminen kemian opetukseen voisi parantaa opiskelijoiden innostusta kemian opiskeluun sekä kemian käsitteiden hallintaa ja asiasisällön osaamista.

### 3.4 Kokeellinen ja tutkimuksellinen kemian opetus

Tässä luvussa esitellään kokeellinen sekä tutkimuksellinen opetusmenetelmä. Kokeellisuutta ja tutkimuksellisuutta käytetään joskus synonyymeinä toisilleen, mutta ne eivät ole nykyisten määritelmien mukaan sama asia, vaan eri opetusmenetelmät, jotka usein esiintyvät yhdessä (Hofstein et al. 2013).

Tässä luvussa pyritään määrittelemään ensin kokeellinen opetusmenetelmä ja sitten laajempi tutkimuksellinen opetusmenetelmä.

#### 3.4.1 Kokeellinen kemian opetus

Kokeellisuuden määrittelemisen yksiselitteisesti ei ole helppoa. Koulumaailmassa kokeellisuudella voidaan tarkoittaa hyvinkin erilaisia aktiviteetteja opettajan demonstraatioista projektioppimiseen. Hofstein et al. (2013) kirjassaan *Teaching Chemistry – A studybook* määrittelevät kokeellisuuden kokeiksi, joissa oppilaat pyrkivät havainnoimaan ja ymmärtämään maailmaa käyttäen interaktiivisesti hyödyksi välineistöä, materiaalia tai toisen käden informaatiota (esimerkiksi oppikirjoja).

Kokeellisuus koetaan luonnolliseksi osaksi luonnontieteiden opetusta. Kokeellinen työskentely hyvin suunniteltuna ja toteutettuna voi kemian asiasisällön opettamisen lisäksi nostaa oppilaiden mielenkiintoa ja motivaatiota, parantaa ajattelun taitoja, opettaa luonnontieteen luonnetta sekä muokata heidän asenteitaan luonnontieteitä kohtaan (Hofstein, Kipnis & Abrahams, 2013).

Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2016 todetaan myös, että kokeellisuus eri muodoissaan tukee käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä, tutkimisen taitojen oppimista ja luonnontieteiden hahmottamista. Kokeellisuus kehittää ajattelun, työskentelyn ja yhteistyön taitoja ja lisää opiskelijoiden innostusta kemian opiskelua kohtaan. (Opetushallitus, 2016)

Kokeelliseen työskentelytapaan on myös kohdistettu paljon kritiikkiä. Kokeellisen työskentelyn toteuttaminen vie monesti enemmän aikaa ja kalliita resursseja, kuin muun perinteisen opetustavan, kuten luennon, toteuttaminen. Kokeellisella työskentelyllä ei myöskään aina saavuteta parempia oppimistuloksia kuin muilla opetustekniikoilla. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007) Hodson (1993) ehdottaa, että osassa tutkimuksista havaittu kokeellisen työskentelyn tehottomuus ja sekavuus johtuu siitä, että opettajat teettävät oppilastöitä ilman harkintaa ja tarkoitusta.

Miten ja mitkä oppimistavoitteet kokeellisilla menetelmillä saavutetaan, riippuu paljon opettajasta. Kokeellinen työ on tärkeää suunnitella ja toteuttaa siten, että oppilaat eivät vain suorita kokeellista työtä fyysisesti valmiiden ohjeiden mukaan. Oppilaiden on tärkeää joutua käyttämään ja etsimään tietoa kokeellisen opiskelun yhteydessä. Kemian käsitteiden ymmärtäminen vaatii oppilailta tiedon aktiivista prosessointia, pelkkä havainnointi ei riitä opitun ymmärtämiseen. (Abrahams & Millar 2008)

Tutkimuksissa on todettu (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007, Hofstein et al. 2013), että oppilaat valitsevat ennemmin kokeellisen työskentelytavan kuin jonkin muun perinteisen kemian opetuksen työtavan. Osa oppilaista valitsi kokeellisen työskentelytavan mieluisammaksi opiskelutavaksi kuin muut kemian opetuksen työtavat, sillä he olettivat siihen liittyvän vähemmän kirjoittamista. Kokeellinen työskentely ei myöskään varsinaisesti lisännyt näiden oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan, vaan tarjosi heille mielekkäämmän tavan työskennellä. (Hofstein et al. 2013)



Oppilaiden kiinnostuksen herättämiseen luonnontieteitä kohtaan ei riitä pelkkä kokeellisen työtavan suosiminen, vaan oppilaiden tulee myös kokea työ jollain tavalla itselleen relevantiksi.

### 3.4.2 Tutkimuksellinen kemian opetus

Opiskelijakeskeistä opetusta, jossa opiskelija käyttää luonnontieteille tyypillisiä tutkimusmenetelmiä sekä muodostaa kysymyksiä, vastaa kysymyksiin tai ratkaisee ongelmia käyttämällä apunaan kirjallisuutta, ihmisiä ja/tai ympäristöä, voidaan kutsua tutkimukselliseksi luonnontieteiden opetuksi. (Abrahams, Southerland & Evans, 2008)

Tutkimuksellisen opetuksen tavoitteena on, että opiskelijat oppisivat myös, miten tiedettä harjoitetaan eikä ainoastaan tieteiden teoriasisältöä. Tutkimuksellisen opetuksen avulla halutaan kehittää opiskelijoiden tieteellistä lukutaitoa tasolle, jolla he pystyvät arvioimaan tiedon luotettavuutta, paikkansapitävyyttä sekä merkitystä itselle ja yhteiskunnalle. Jokaisen opiskelijan tulisi pystyä ottamaan järkiperustaisesti kantaa kansallisiin ja kansainvälisiin ongelmiin, kuten tulisiko meidän hyödyntää ydinvoimaa energiantuotantoon vai ei. (Jadrich, 2011; Dorier & Maas, 2014).

Dorier ja Maas (2014) määrittelevät tutkimuksellisen opetuksen tavoitteet seuraavasti. Tutkimuksellisen opetuksen tavoitteena on, että opiskelija oppii:

- Muodostamaan tieteellisesti suuntautuneita kysymyksiä
- Löytämään tieteellisiä perusteluja vastauksilleen
- Selittämään havaintonsa ja mahdolliset kokeellisuudesta saadut tulokset
- Kommunikoimaan ja puolustamaan omia näkemyksiään tieteellisen tiedon avulla

Tutkimuksellisen opetuksen ajatellaan joskus tarkoittavan kokeellista työskentelyä. Kokeellinen ja tutkimuksellinen eivät kuitenkaan ole aina tässä mielessä toistensa synonyymit. Kokeellinen oppilastyö ei välttämättä ole tutkimuksellinen oppilastyö. Kokeellisuus on monesti osa tutkimuksellista työtapaa, mutta tutkimuksellinen opiskelu ja opetus sisältävät myös tiedonhankintaa, keskustelua, datan analysointia, reflektointia ja kysymysten muodostamisen harjoittelua. (Jadrich, 2011; Herranen, Tuomisto ja Aksela, 2015)

Tutkimuksellisissa opetusmenetelmissä opettajan rooli on erilainen kuin perinteisessä opetuksessa. Tutkimuksellisessa opetuksessa opettaja antaa enemmän vastuuta opiskelijoille ja toimii itse oppaana tai ohjaajana, joka auttaa opiskelijoita näiden tarpeiden mukaan etenemään tutkimuksessaan. Opettajan rooli ja oppilaiden vastuun määrä tutkimuksellisessa projektissa riippuu tutkimuksellisen projektin avoimuuden tasosta (levels of inquiry). (Banchi & Bell, 2008)

Banchi ja Bell (2008) jakavat tutkimuksellisuuden opetuksen avoimuuden mukaan neljään eri tasoon. 1) Suljettu tai todentava tutkimuksellisuus (*engl. Confirmation inquiry*) 2) jäsennelty tutkimuksellisuus (*engl. Structured inquiry*) 3) Ohjattu tutkimuksellisuus (*engl. Guided inquiry*) ja 4) Avoin tutkimuksellisuus (*engl. Open inquiry*).

- 1) Suljetussa tai todentavassa tutkimuksellisuudessa opiskelijat todentavat jonkin luonnonlain tai teorian opettajan määräämällä tutkimustavalla. Tällä tutkimuksellisuuden ensimmäisellä tasolla opettaja asettaa tutkimuskysymyksen, tutkimusmenetelmän ja tutkimuksen tulos on tiedossa, se tulee vain varmentaa.
- 2) Jäsennellyssä tutkimuksellisuudessa opettaja asettaa tutkimuskysymyksen ja tutkimusmenetelmän, mutta tutkimuksen tulokset eivät ole ennalta tiedossa.
- 3) Ohjatussa tutkimuksellisuudessa opettaja asettaa tutkimuskysymyksen, mutta opiskelijat päättävät itse mitä tutkimusmenetelmiä käyttävät. Tutkimuksen tulos ei ole ennalta tiedossa.
- 4) Avoimessa tutkimuksellisuudessa opiskelijat asettavat itse itselleen tutkimuskysymyksen ja valitsevat tutkimusmenetelmät joilla pyrkivät saamaan vastauksia asettamiinsa tutkimuskysymyksiin.

Banchin ja Bellin (2008) mukaan, tutkimuksellisen opiskelun harjoitteleminen tulisi aloittaa vähemmän avoimista tutkimuksellisista tehtävistä ja projekteista. Opiskelijat tarvitsevat enemmän opettajan tukea ja ohjeistusta, kun tutkimuksellisuus on heille uusi opiskelumenetelmä. Kun oppilaiden tutkimisen tiedot ja taidot karttuvat, tulisi vähitellen edetä kohti avoimempaa tutkimuksellisuutta, jossa oppilaat ottavat itse yhä enemmän vastuuta oppimisestaan. Banchin ja Bellin (2008) määrittelemät tutkimuksellisuuden tasot on havainnollistettu taulukossa 3.4.

*Taulukko 3.4 Tutkimuksellisuuden neljä tasoa. Banchi & Bell, 2008*

<b>Tutkimuksellisuuden taso</b>	<b>Tutkimuskysymys tai -kysymykset</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b>	<b>Tutkimuksen tulokset</b>
<b>Suljettu tai todentava tutkimuksellisuus</b>	Opettaja asettaa	Opettaja asettaa	Tiedossa
<b>Jäsennelty tutkimuksellisuus</b>	Opettaja asettaa	Opettaja asettaa	Avoin
<b>Ohjattu tutkimuksellisuus</b>	Opettaja asettaa	Opiskelijat päättävät itse	Avoin
<b>Avoin tutkimuksellisuus</b>	Opiskelijat asettavat itse	Opiskelijat päättävät itse	Avoin

Kontekstuaalisuutta ja tutkimuksellisuutta sovelletaan usein yhdessä luonnontieteiden opetukseen. Tutkimuksellisuudessa tutkimuskysymykset ja ratkaistavat pyritään ongelmat hakemaan oikean maailman ilmiöistä ja ongelmista. Tällöin on luontevaa sitoa tutkimuksellinen työ tai tehtävä siihen kontekstiin, jossa ilmiö tai ongelma oikeassa maailmassa ilmenee. Ihanteellista on, jos konteksti olisi opiskelijoille tuttu heidän arkielämästään tai olisi heille muutoin kiinnostava. (Herranen et al. 2015)

Tutkijat eivät ole yksimielisiä tutkimuksellisuuden hyödyllisyydestä luonnontieteiden opetuksessa. Tutkimuksellisten opetusmenetelmien käytön puolesta puhuvat tutkimukset, joiden mukaan tutkimuksellisilla opetusmenetelmillä opiskelleet olivat verrokkiryhmiä taitavampia tekemään havaintoja, esittämään relevantteja kysymyksiä ja valitsemaan toimivan tutkimusstrategian (Abrahams, Reiss & Sharpe, 2013; Chin & Osborne, 2008). Lisäksi tutkimuksellisuuden on todettu lisäävän opiskelijoiden kiinnostusta luonnontieteisiin (Rocard et al., 2007). Tutkimuksellisen opetustavan huonot puolet taas ovat tämän opetustavan vaatimat resurssit ja aika sekä opettajien alhainen itseluottamus omiin pedagogisiin tai aineenhallinnallisiin kykyihin. Opettajat eivät usko olevansa pedagogisesti tai aineenhallinnallisesti tarpeeksi päteviä opettaakseen luonnontieteitä tutkimuksellisesti. (Herranen et al., 2015).

### 3.5 Relevanssiteoria

Tässä luvussa määritellään, mitä tässä tutkielmassa tarkoitetaan relevanssi-käsitteellä ja vastataan osaksi tutkimuskysymykseen 2, eli mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin lääkekemian oppilastyön suunnittelussa?

#### 3.5.1 Relevanssi käsitteenä

Relevanssi käsitteenä ei ole yksiselitteinen. Tähän käsitteeseen törmää useissa luonnontieteiden opetusta käsittelevissä artikkeleissa ja kirjoissa, mutta sen määritelmä on hyvinkin erilainen eri lähteissä. Jo 1988 Newton ihmetteli artikkelissaan relevanssikäsitteen lukuisia määritelmiä. Osassa artikkeleista sitä pidettiin synonyymina tärkeydelle ja osassa merkityksellisyydelle. Osassa artikkeleista katsotaan, että relevanssin tulee olla oppilaan oma kokemus ja osassa artikkeleista oltiin sitä mieltä, että opetuksen relevanttiuden tulisi tulla ulkoapäin, esimerkiksi yhteiskunnan tai työelämän instanssien sanelemana (Newton, 1988).

Yksi yritys määritellä relevanssin käsite laajemmin on esitetty Eilks ja hänen työryhmänsä (2013) toimesta kirjassa *Chemistry teaching - a studybook*. Kirjassa pohditaan, mitä tarkoittaa relevantti kemian opetus. Heidän mukaansa relevanssin määrittelemisen ei ole helppo tehtävä. Kun puhutaan opetuksen relevanssista, tulisi aina määritellä kenen näkökulmasta asiaa katsotaan. Minkä takia jonkin pitäisi olla relevanttia ja kuka päättää siitä mikä on relevanttia? Tästä syystä Eilks et al. (2013) päätyivät kolmitasoiseen relevanssin määritelmään, joka ottaa huomioon sen kenen kannalta opetuksen relevanttiutta tarkastellaan.

1. **Henkilökohtainen relevanssi** (*engl. Relevance for the individual*): Opiskelijan kiinnostuksen ja uteliaisuuden kohteiden huomioiminen kemian opetuksessa. Opiskelijoille opetetaan heidän jokapäiväisessä elämässä nyt tai tulevaisuudessa tarpeellisia tietoja ja taitoja

2. **Relevanssi tulevaa ammattia kohtaan** (*engl. Relevance for the future profession*): Kemian opetus tarjoaa suuntaviivoja tulevaa ammatinvalintaa varten. Auttaa opiskelijoita valmistautumaan tulevaa ammattia varten tarvittaviin opintoihin.
3. **Yhteiskunnallinen relevanssi** (*engl. Relevance for the society*): Kemian opetus auttaa opiskelijaa ymmärtämään tieteen ja yhteiskunnan välistä vuorovaikutusta ja niiden yhtymäkohtia. Kehittää tietoja ja taitoja, joiden avulla opiskelija pärjää yhteiskunnassa ja osallistuu yhteiskunnan kehittämiseen.

Jokaista näistä kolmesta relevanssin tasosta tarkastellaan kahdessa ulottuvuudessa, nykyhetkessä ja tulevaisuudessa. Onko asia relevantti opiskelijalle juuri tässä elämäntilanteessa, tai tuleeko asia olemaan relevanttia opiskelijalle joskus tulevaisuudessa. (Eilks et al. 2013)

Stuckey et al. (2013) vielä laajensivat edellä mainittua Eilksin et al. (2013) esittämää määritelmää relevanssille. He tutkivat artikkelissaan luonnontieteiden opetusta koskevien artikkeleiden ja kirjojen määritelmiä relevanssille ja pyrkivät luomaan kaikki aiemmat määritelmät huomioonottavan määritelmän relevanssille. Tuloksena oli samantyylinen – joskaan ei aivan identtinen – kolmetasoinen määritelmä relevanssin käsitteelle, kuin Eilks et al. (2013) esittämä määritelmä. Lisäyksenä on opetuksen sisäisen ja ulkoisen relevanssin ulottuvuudet. Opetuksen sisäinen relevanssi tukee oppilaan omaa kiinnostusta ja motivaatiota, opetuksen ulkoinen relevanssi tukee ympäristön, kuten poliittisten päättäjien ja vanhempien asettamia vaatimuksia.

Stuckey et al. määrittelivät relevanssin kolme tasoa seuraavasti:

1. **Henkilökohtainen relevanssi** (*engl. Individual dimension*): Opetus, jonka aihepiirit ja opetusmenetelmät lisäävät tai tukevat opiskelijan omaa kiinnostusta ja motivaatiota tai antavat opiskelijalle sellaisia tietoja tai taitoja joiden avulla hän menestyy koulussa tai arkielämässä itselleen tärkeillä osa-alueilla, on opiskelijalle henkilökohtaisella tasolla relevanttia.

**2. Yhteiskunnallinen relevanssi** (*engl. Societal dimension*): Opetus, joka kannustaa ja auttaa opiskelijaa toimimaan aktiivisena yhteiskunnan jäsenenä, kehittämään yhteiskuntaa sekä ymmärtämään paremmin ympäröivää yhteiskuntaa on yhteiskunnallisella tasolla relevanttia.

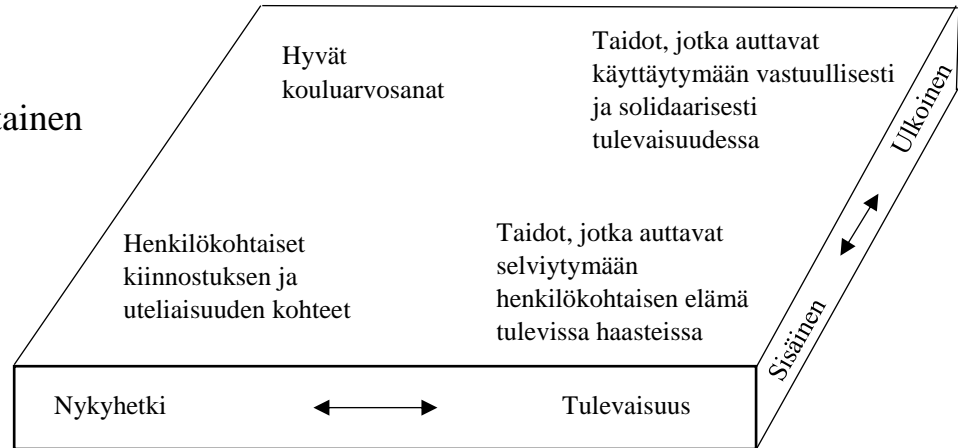
**3. Ammatillinen relevanssi** (*engl. Vocational dimesion*): Opetus, joka antaa opiskelijalle valmiuksia johonkin nykyiseen tai tulevaan ammattiin tai tukee opiskelijan ammatin valintaa.

Kuten Eilks et al. (2013) määritelmässä, myös Stuckeyn et al. (2013) määritelmässä relevanssin kullakin tasolla on aikaulottuvuudet, nykyhetki ja tulevaisuus. Opetus voi olla siis relevanttia juuri tämän hetken kannalta tai tulevaisuuden kannalta.

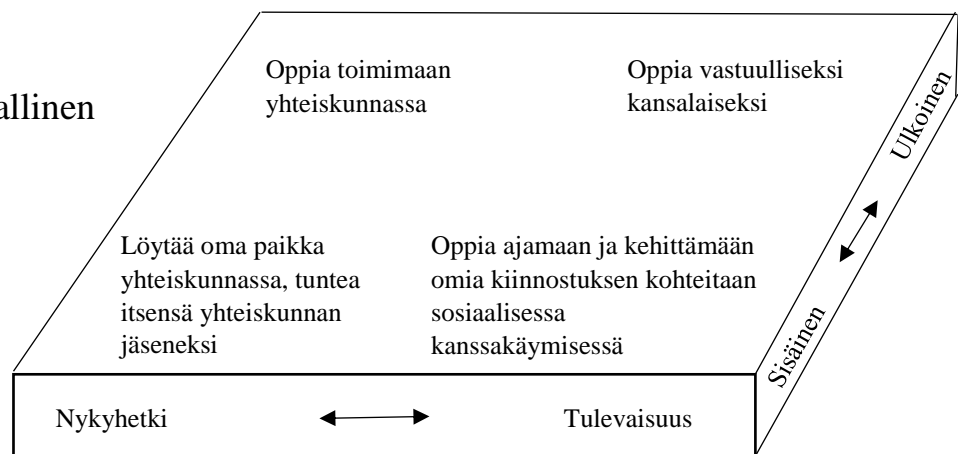
Stuckey et al. (2013) määrittelemän relevanssiteorian kolme tasoa ja kaksi dimensiota, nykyhetki – tulevaisuus ja sisäinen relevanssi – ulkoinen relevanssi, on havainnollistettu kuvassa 3.4.

Tässä tutkielmassa relevanssin määritelmänä käytetään tätä Stuckey et al. (2013) johtamaa relevanssiteoriaa, joka pyrkii ottamaan huomioon kaikki aiemmat relevanssin määritelmät.

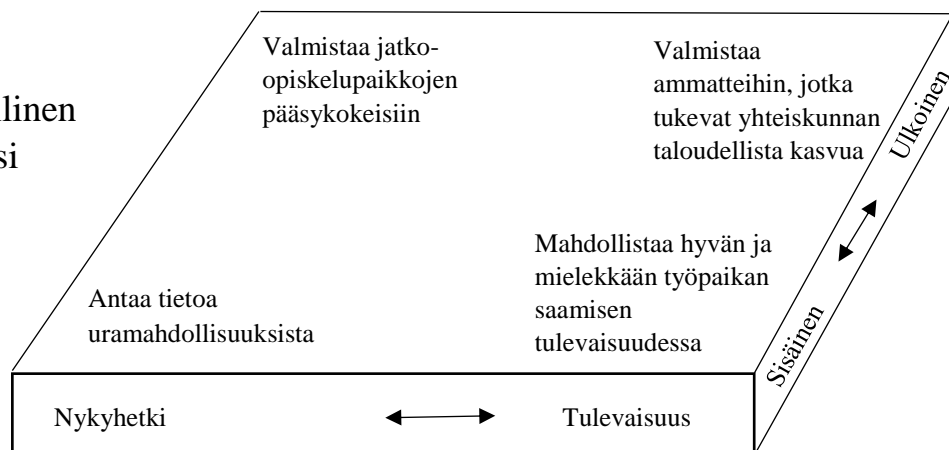
### Henkilökohtainen relevanssi



### Yhteiskunnallinen relevanssi



### Ammatillinen relevanssi



Kuva 3.4 Relevanssin kolme tasoa, henkilökohtainen, yhteiskunnallinen ja ammatillinen sekä kaksi ulottuvuutta, nykyhetki – tulevaisuus ja sisäinen relevanssi – ulkoinen relevanssi. (Stuckey et al. 2013)

### 3.5.2 Relevanssi opetuksessa

Kun halutaan tehdä relevantti opetuskokonaisuus, pitää ensimmäiseksi päättää kenen näkökulmasta sen halutaan olevan relevantti, ja millä tasoilla opetuskokonaisuuden halutaan olevan relevantti. Jos halutaan tehdä opiskelijan kannalta relevantti opetuskokonaisuus, pitää ensin olla selvillä, mitkä asiat ovat opiskelijoista kiinnostavia tai motivoivia ja mitkä asiat heidän on tärkeä oppia menestyäkseen koulussa, arkielämässä ja yhteiskunnan jäsenenä. Jos taas halutaan tehdä opetuskokonaisuus, joka on relevantti jonkin ulkoisen tahon, esimerkiksi median tai poliittisten päättäjien mielestä, tulee ensin selvittää mitä tavoitteita nämä tahot asettavat opetukselle. (Eilks et al. 2013; Aikenhead 2003)

Opetushallituksen julkaisema Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, on esimerkki ulkoisesta tahosta, joka määrittelee mikä on relevanttia lukion luonnontieteiden opetuksessa. Opetussuunnitelman perusteet määrittävät opetuksen relevanssia kaikilla kolmella relevanssiteorian tasolla.

1. Henkilökohtainen taso: Opetussuunnitelman perusteet antavat viitekehyksen sille, mitä oppilaan tulee osata päästäkseen yksittäisistä lukion kursseista sekä ylioppilaskirjoituksista läpi.
2. Yhteiskunnallinen taso: Opetussuunnitelman perusteet määrittelevät lukiokoulutuksen arvoperustan, jonka mukaan opiskelu ja oppiminen uudistavat yhteiskuntaamme ja kulttuuriamme. Lukio-opetuksen tulee opetussuunnitelman perusteella edistää tasa-arvoa, yhdenvertaisuutta, hyvinvointia ja demokratiaa yhteiskunnassamme.
3. Ammatillinen taso: Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 määrittää lukiokoulutuksen yhdeksi tehtäväksi syventää opiskelijan kiinnostusta tieteiden ja taiteiden maailmaan sekä kehittää valmiuksia työelämään ja työhön.

Pyrkimällä opetussuunnitelman lukiokoulutukselle asettamiin tavoitteisiin, voidaan opetuksessa saavuttaa kaikki kolme relevanssiteorian tasoa ulkoisen relevanssin ulottuvuudessa.

Opiskelijan henkilökohtaisen sisäisen relevanssin saavuttamiseksi opetus olisi sidottava, silloin kun mahdollista, aiheeseen, joka on oppilaalle relevantti. ROSE (The Relevance of Science Education) -projektissa tutkitaan, mitä luonnontieteiden aihealueita 15-vuotiaat oppijat kokevat relevanteiksi. Lavonen et al. (2008) keräsivät ja analysoivat yhteen



Suomessa tehdyn ROSE-kyselytutkimuksen tulokset kemian ja fysiikan osalta. Artikkelissaan he esittävät, että sukupuolesta riippumatta oppilaat kokevat relevanteiksi ihmisen biologiaan liittyvät aihealueet. Esimerkkejä tällaisista aihealueista ovat ihmisen elimistöön liittyvät kemialliset ja fysikaaliset reaktiot sekä miten lääkkeet vaikuttavat ihmisen elimistöön. Etenkin tytöt kokivat teknologian vähiten relevantiksi aihealueeksi. (Lavonen et al. 2008)

Kiinnostavalla aihevalinnalla päästään monesti sisäisen henkilökohtaisen relevanssin tasolle opetuksessa, mutta myös relevanssiteorian kaksi ylempää relevanssin tasoa, yhteiskunnallinen ja ammatillinen tulisi ottaa huomioon opetusta suunniteltaessa. Oppilaiden on tärkeä saada tietoa ja valmiuksia tukemaan tulevia opintoja, työtä ja arkielämänsä päätöksiä.

### 3.6 Yhteenveto teoreettinen ongelma-analyysi

Teoreettisessa ongelma-analyysissä tarkasteltiin emulsioita kemian näkökulmasta, relevanssiteoriaa sekä kokeellista, tutkimuksellista että kontekstuaalista kemian opetusta. Tiivistelmät teoreettisen ongelma-analyysin osioiden teoriasta ja pääasialliset lähteet on esitetty taulukossa 3.5.

Emulsiot ovat arjessa yleisesti käytettyjä sekä ruoka-aineissa, kosmetiikassa että maaleissa. Lukio-opetuksessa ne kuuluvat KE1, Kemia elinympäristössä -kurssin asiasisältöihin. (Opetushallitus, 2014) Emulsioiden arkipäiväisyydestä huolimatta niiden opetuksesta löytyy vain vähän tutkimustietoa. Rohkaisevaa on, että olemassa olevat tutkimustulokset näyttävät emulsioihin liittyvien kokeellisten töiden lisäävän oppilaiden ymmärrystä arkipäiväisiin kemian sovelluksiin (Mabrouk, 2004).

Kokeellisella, tutkimuksellisella ja kontekstuaalisella opetusmenetelmillä on kaikilla todettu olevan opiskelijoiden motivaatiota ja kiinnostusta sekä opetuksen relevanssia nostava vaikutus (Rocard et al., 2007; Lunetta, Hofstein & Clough, 2007; King & Ritchie 2012). Tutkimuksellisuuden aste tulee valita oppilaiden taitotason mukaan sopivaksi. Mikäli opiskelijat eivät ole tottuneet käyttämään tutkimuksellista opiskelutapaa tai mikäli aihe on laaja ja hankalasti lähestyttävä, tulee käyttää suljetumpaa tutkimuksellisuuden muotoa. (Banch & Bell, 2008). Tutkimuksellisuuden ja kokeellisuuden tulee olla tarkoituksenmukaista ja tavoitteellista opetusta. Jos nämä ehdot eivät toteudu, on riskinä,

että nämä opetusmenetelmät vievät vain aikaa ja resursseja antamatta perinteistä opetusmenetelmää parempia tuloksia. (Herranen et al. 2015; Hofstein et al. 2013)

Opetuksen kontekstin tulee olla opiskelijoille mielenkiintoinen sekä relevantti. ROSE-projektin tulosten mukaan opiskelijat kokevat relevanteiksi ja kiinnostaviksi aihealueiksi ympäristön, terveyden ja lääkkeiden sekä kemikaalien vaikutuksen elimistöön. ROSE-projektin sekä Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen (Schwartz-Bloom, 2011) perusteella lääkekemia olisi oppilaiden näkökulmasta kiinnostava ja relevantti konteksti kemian opetukselle. (Lavonen et al. 2008; Jenkins & Nelson, 2005)

Relevantin opetuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, kenen kannalta ja milloin opetuksen halutaan olevan relevanttia. Relevanssi voi olla henkilökohtaista, ammatillista tai yhteiskunnallista. Opetus voi olla relevanttia opiskelijalle kahdessa ajan ulottuvuudessa, nyt tai vasta tulevaisuudessa. Opetuksen on parhaassa tapauksessa mahdollista saavuttaa kaikki kolme relevanssin tasoa, henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen sekä molemmat ajan ulottuvuudet. Tällainen luonnontieteiden opetus vaatii, että opetus on opiskelijalle kiinnostavaa ja edistää hänen henkilökohtaisten tavoitteidensa saavuttamista. Lisäksi opetuksen tulee vastata yhteiskunnan ja työelämän asettamiin tavoitteisiin tarjoamalla opiskelijoille työelämässä hyödyllisiä tietoja ja taitoja sekä kasvattamalla opiskelijoita ymmärtämään tieteen merkitystä yhteiskunnalle. (Stuckey et al., 2013; Eilks et al., 2013)

*Taulukko 3.5. Teoreettisen ongelma-analyysin teorialtiivistettynä ja teorioiden pääasialliset lähteet.*

Teoria	Tiivistelmä teoriasta	Pääasialliset lähteet
<b>Lääkekemia</b>	Lääkekemiassa ollaan kiinnostuneita lääkeaineiden kemiallisista ominaisuuksista ja niiden kemiallisista reaktioista elimistössä.	Aminod, et al. 1995; Rautio et al., 2013;
<b>Emulsioiden kemiaa</b>	Emulsiot ovat heterogeenisiä seoksia, jotka koostuvat dispergoituneesta sisäfaasista ja jatkuvasta ulkofaasista. Emulsion faasit ovat toisiinsa normaalisti sekoittumattomia nesteitä, yleisimmin vettä ja öljyä, jotka saadaan sekoittumaan energian ja emulgaattorien avulla. Arjesta tuttuja emulsioita ovat esimerkiksi maito ja kosteusvoiteet.	Tadors, 2013; Walstra, 1993
<b>Kontekstuaalinen opetus</b>	Kontekstuaalisessa opetusmenetelmässä opetus viedään pois luokkahuonekontekstista johonkin oppilaalle arjesta tuttuun tai oppilaille mielenkiintoiseksi tunnettuun kontekstiin. Tässä tutkielmassa kontekstina on käytetty lääkekemiaa, sillä terveyteen liittyvien aihealueiden on todettu kiinnostavan opiskelijoita ja oppilaita.  Kontekstuaalisen opetuksen tavoitteena on yleensä nostaa oppilaiden kiinnostusta opetettavaan aiheeseen sekä sitoa opetus arjen ilmiöihin ja ongelmiin, siten että koulussa opetetut asiat eivät jäisi irrallisiksi.	Bennet, Lubben & Hogarth, 2007; Gilbert, 2008; King & Ritchie, 2012; Lavonen et al.2008
<b>Kokeellinen ja tutkimuksellinen opetus</b>	Kokeellinen ja tutkimuksellinen opetus eivät ole synonyymit. Tutkimuksellinen opetusmenetelmä kuitenkin usein sisältää myös kokeellista opetusta. Kokeellinen opetus käsittää kaikki kokeelliset työtavat, kuten esimerkiksi oppilastyöt ja opettajan demonstraatiot. Tutkimuksellisen opetuksen avulla opetetaan tutkimuksen taitoja, joihin kuuluu kokeellisten töiden suorittamisen ja suunnittelun lisäksi esimerkiksi tiedonhakua ja tutkimustulosten analyysiä.	Abrahams et al. 2008; Banchi & Bell, 2008; Dorier & Maas, 2014; Herranen et al., 2015; Hofstein et al., 2013
<b>Relevanssiteoria</b>	Opetuksen relevanssilla on kolme tasoa ja kaksi ulottuvuutta. Nämä tasot ovat 1. henkilökohtainen 2. yhteiskunnallinen 3. ammatillinen. Ulottuvuudet ovat nykyhetki – tulevaisuus sekä sisäinen relevanssi– ulkoinen relevanssi.  Opetusta suunniteltaessa tulee miettiä, kenen kannalta opetuksen halutaan olevan relevanttia sekä mitä relevanssin tasoa tavoitellaan.	Stuckey et. Al. 2013 Eilks et al. 2013

## 4. I Kehittämissykli

Kehittämisprosessissa teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin pohjalta kehitetään tutkimuksellinen lääkekemian kontekstia hyödyntävä oppilastyö lukion kemian opetukseen. Tämän kehittämistuotoksen laatimisessa otetaan huomioon teoreettisessa ongelma-analyysissä esitetyt vaatimukset relevantille kokeelliselle sekä tutkimukselliselle oppilastyölle ja emulsioon sekä sen valmistukseen liittyvät opiskelijoille oleelliset kemian asiasisällöt.

Tämä luku pitää sisällään tarveanalyysin, luku 4.2., jossa selvitetään, minkälainen tarve tällaisen oppilastyön kehittämiseksi on. Tarve-analyysin jälkeen esitellään ensimmäinen kehittämistuotos, sekä sen mittarina toimiva kyselylomake.

### 4.1 Laadullinen sisällönanalyysi

Tarveanalyysin tuloksien tarkasteluun käytettiin laadullista sisällönanalyysiä. Kyselytutkimuksen tuloksien tarkasteluun valittiin teorialähtöinen sisällönanalyysi. Oppikirja-analyysin tulosten tarkasteluun taas aineistolähtöinen sisällönanalyysi.

#### 4.1.1 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi

Aineistolähtöinen analyysi on kolmivaiheinen prosessi. Ensimmäisessä vaiheessa, redusoinnissa, tutkimuksen kohteena oleva aineisto pelkistetään. Pelkistäminen tarkoittaa epäoleellisen aineiston karsimista ja oleellisen aineiston esittämistä tiivistetyssä muodossa. (Tuomi ja Sarajärvi, 2009)

Toisessa vaiheessa, klusteroinnissa, pelkistetty aineisto ryhmitellään alaluokkiin. Luokitteluyksikkönä voi olla esimerkiksi tutkittavan ominaisuus tai piirre. Klusteroinnin tarkoitus on tiivistää ja selkeyttää aineistoa sekä luoda alustavia kuvia tutkittavasta ilmiöstä. (Tuomi ja Sarajärvi, 2009)

Kolmannessa vaiheessa, abstrahoinnissa, yhdistetään klusteroinnissa luotuja luokituksia ja muodostetaan teoreettisia käsitteitä tai malleja. (Tuomi & Sarajärvi, 2009)

#### 4.1.2 Teorialähtöinen analyysi

Teorialähtöinen sisällönanalyysi perustuu johonkin valmiiseen viitekehykseen, tämän tutkielman tapauksessa relevanssiteorian viitekehykseen (ks. luvut 3.1 ja 3.1.1). Analyysi

aloitetaan muodostamalla analyysirunko, jossa tutkimusaineistosta muodostetaan erilaisia luokituksia tai kategorioita valitun viitekehyksen eli teorian pohjalta. Analyysirungon luomisen jälkeen tutkimusaineisto pelkistetään, kuten aineistopohjaisessa analyysissäkin (ks. luku 4.1.1). Pelkistetyistä lausumista voidaan johtaa analyysirungon alaluokat. (Tuomi & Sarajarvi, 2002)

## 4.2 Tarveanalyysi

Kehittämiskprosessi aloitettiin tutkimuksen tarveanalyysillä, eli ensimmäisellä empiirisellä ongelma-analyysillä. Tarveanalyysi suoritettiin kahdessa vaiheessa. Sen tarkoituksena oli selvittää, minkälainen tarve lääkekemiaan pohjautuville kokeellisille kemian oppilastöille on tällä hetkellä (tutkimuskysymys 1) sekä mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin lääkekemian oppilastyön suunnittelussa (tutkimuskysymys 2).

Tarveanalyysin ensimmäisessä vaiheessa, lukiolaisten kyselytutkimuksessa, kerättiin tietoa siitä, minkälainen tarve lukiolaisten itsensä mielestä lääkekemia-aiheisille oppilastöille on.

Tarveanalyysin toisessa vaiheessa, oppikirja-analyysissä, selvitettiin, miten lääkkeiden ja emulsiovoiteiden valmistusta käsitellään kemian opetuksessa tällä hetkellä ja minkälaiselle oppimateriaalille on tarvetta. Oppikirja-analyysi valikoitui Tarveanalyysin menetelmäksi, sillä oppikirjat, sähköiset sekä painetut, määräävät usein opetettavat asiat, opetuksen etenemisjärjestyksen ja ohjaavat opetuksessa käytettäviä opetusmenetelmiä (Heinonen, 2005).

### 4.2.1 Lääkekemian relevanssi: kyselytutkimus

Kyselytutkimus tutkimusmenetelmänä on esitelty tarkemmin alaluvussa 4.8, jossa käsitellään kehittämiskprosessin mittarina toimivan kyselytutkimuksen laatimista.

Kyselylomakkeeseen (Liite 1) vastasi yhteensä 17 opiskelijaa kahdesta pääkaupunkiseudun lukiosta. Opiskelijat olivat ilmoittautuneet näiden kahden lukion yhteiselle lääkekemian huippukurssille, joka oli valinnainen kemiankurssi, lääkekemiasta kiinnostuneille opiskelijoille. Kyselylomakkeen avulla opiskelijoilta kartoitettiin heidän syitä ja motivaatioitaan osallistua kurssille sekä omia oppimistavoitteita ja toiveita kurssin sisällöstä.

Kyselyn tulosten perusteella pyrittiin selvittämään, miten relevanttina aiheena opiskelijat pitävät lääkekemiaa ja miksi. Lisäksi haluttiin tietää, millainen tarve lääkekemia-aiheisille oppilastöille ja lääkekemia-aiheiselle kurssille on lukiolaisten mielestä.

Kyselyn tuloksien käsittelyyn käytettiin teorialähtöistä sisällönanalyysiä (ks. luku 4.1.2) ja teoriakehyksenä kappaleessa 3.1 esiteltyä relevanssiteoriaa (Stuckey et al 2013).

Analyysirungon kategorioiksi valittiin relevanssiteorian perusteella opiskelijan kokema sisäinen relevanttius lääkekemian kontekstia kohtaan sekä relevanssiteorian kaksi dimensiota, nykyhetki ja tulevaisuus.

Opiskelijan kokema sisäinen relevanssi lääkekemian kontekstia kohtaan jaettiin relevanssiteorian mukaisesti kolmeen alaluokkaan, jotka ovat relevanssiteorian kolme tasoa, 1) henkilökohtainen relevanssi 2) yhteiskunnallinen relevanssi 3) ammatillinen relevanssi. Lisäksi analyysissä otettiin huomioon relevanssiteorian ajan ulottuvuus, eli koetaanko asiat relevantiksi nyt vai vasta tulevaisuudessa. Analyysirunko alaluokkineen on esitetty taulukossa 4.1. Taulukossa on esitetty relevanssiteorian pohjalta tehty määritelmä kullekin alaluokalle.

*Taulukko 4.1 Kyselytutkimuksen analyysirunko. Alaluokkina kolme relevanssiteorian tasoa, joita on tarkasteltu relevanssiteorian kahdessa dimensiossa, nykyhetkellä ja tulevaisuudessa. Analyysirunko on koostettu Stuckey et al. (2013) esittämän relevanssiteorian mukaisesti.*

Sisäinen relevanssi	Relevanssiteorian dimensiot		Opiskelijan kokemukset
	Tutkimushetkellä	Tulevaisuudessa	
Henkilökohtainen relevanssi	Opiskelija kokee kurssin aiheena olevan lääkekemian tärkeäksi aiheeksi itselleen tutkimushetkellä	Opiskelija kokee tulevana hyötymään kurssilla käsitellyistä lääkekemian sisällöistä henkilökohtaisella tasolla myöhemmin elämässä	Henkilökohtainen merkitys tai hyöty.
Yhteiskunnallinen relevanssi	Opiskelija kokee oppivansa tietoja ja taitoja, jotka auttavat häntä toimimaan yhteiskunnan jäsenenä ja vastuullisena kansalaisena tai auttavat häntä löytämään oman paikkansa yhteiskunnassa tällä hetkellä.	Opiskelija kokee oppivansa tietoja ja taitoja, jotka auttavat häntä toimimaan yhteiskunnan jäsenenä ja vastuullisena kansalaisena tai auttavat häntä löytämään oman paikkansa yhteiskunnassa tulevaisuudessa.	Tukee opiskelijan yhteiskuntaan kasvamista ja yhteiskunnan jäsenenä toimimista.
Ammatillinen relevanssi	Opiskelija kokee, että kurssin aiheena olevat asiat ovat hänelle tärkeitä juuri sillä hetkellä ammatin valintaa koskevissa päätöksissä tai ammatin harjoittamisessa.	Opiskelija kokee, että kurssin aiheena olevat asiat ovat hänelle myöhemmin työelämässä hyödyllisiä tai tärkeitä.	Tukee opiskelijan ammatillista osaamista, ammatin valintaa tai ammatin mielekkyyttä.

Opiskelijoiden vastaukset pelkistettiin siten, että opiskelijan kokeman relevanssin tasosta kertovat vastaukset lajiteltiin edellä mainittuihin kolmeen alaluokkaan seuraavasti:

### **1) Henkilökohtainen relevanssi**

Tähän alaluokkaan poimittiin sellaiset opiskelijoiden vastaukset, joista käy ilmi, että oppilas olettaa saavansa henkilökohtaista hyötyä lääkekemian kurssin oppisisällöstä joko heti tai tulevaisuudessa. Henkilökohtaisen hyödyn saamiseksi laskettiin esimerkiksi opiskelumotivaation parantuminen, opiskelijan oletus siitä, että hän oppii kurssilla asioita, jotka auttavat häntä pärjäämään paremmin ylioppilaskirjoituksissa tai jatko-opiskelupaikan pääsykokeissa.

Esimerkkejä opiskelijoiden vastauksista kysymykseen, miksi he valitsivat osallistua lääkekemian huippukurssille:

*”Auttaa ylioppilaskirjoituksissa ja haluan tietoa mahdollisista jatko-opiskelumahdollisuuksista”* (Vastaaaja 14)

*”Uskon, että kurssita on hyötyä kemian ylioppilaskirjoituksissa ja niihin valmistautumisessa. Hyötyä tulee olemaan myös lääketieteellisen pääsykokeissa sekä tietysti hyötyä on siitä, että kurssilla saa kokea oppimisen iloa”* (Vastaaaja 2)

*”Toivon, että teemme laboratoriotöitä ja saisin ehkä suuntaa tulevaisuuden ajatuksilleni. Toivon, että kurssi innostaa minua jatkamaan kemian opintoja”* (Vastaaaja 3)

### **2) Yhteiskunnallinen relevanssi**

Toiseen alaluokkaan poimittiin vastaukset, joissa opiskelija olettaa kurssin auttavan häntä toimimaan paremmin yhteiskunnan jäsenenä, löytämään paikkansa yhteiskunnassa, tuomaan omia mielenkiinnon kohteita ja osaamisalueita esille yhteiskunnassa sekä ymmärtämään paremmin lääkekemian merkitystä yhteiskunnassa. Moni vastaaja esimerkiksi toivoi kurssin auttavan heitä valitsemaan korkeakouluopintojen tai muiden lukion jälkeisten jatkumahdollisuuksien välillä.

Esimerkkejä alaluokkaan 2 kuuluvista opiskelijoiden vastauksista kysymykseen, mitä he toivovat saavansa lääkekemian kurssilta:

*”Toivon laajentavani kokonaiskäsitystäni kemian maailmasta”* (Vastaaja 9)

*”Ymmärtää enemmän kemian osuudesta teollisuudessa”* (Vastaaja 14)

*”Toivon, että tämä kurssi antaisi tietoa jatko-opiskelupaikoista”* (Vastaaja 6)

### **3) Ammatillinen relevanssi**

Alaluokkaan 3 poimittiin ne opiskelijoiden vastaukset, joissa opiskelija oletti lääkekemian kurssin tarjoavan heille etua tulevaan ammatin valintaan tai ammatin harjoittamiseen nyt tai tulevaisuudessa. Tähän alaluokkaan laskettiin esimerkiksi vastaukset, joissa opiskelija toivoi saavansa kurssista hyötyä tulevassa lääkärin tai biolääketieteen tutkijan ammatissa, hyötyvänsä kurssista kesätyön haussa sekä vastaukset, joissa oppilas halusi kurssin avulla varmentaa tekemäänsä alustavaa ammatillista alavalintaa.

Esimerkkejä alaluokkaan 3 kuuluvista opiskelijoiden vastauksista opiskelijoiden vastauksista kysymykseen miksi valitsit osallistua lääkekemian kurssille:

*”Suunnitelmissani on hakea biolääketieteen ohjelmaan ja jatkaa lääketieteen tohtoriksi asti. Uskon tämän kurssin tarjoavan tärkeää tietoa kyseisestä asiasta niin teoriassa, kuin käytännössä.”* (Vastaaja 15)

*”Olen kiinnostunut lääkärin ammatista sekä kemian ja lääkeaineiden vaikutuksesta ihmisessä”* (Vastaaja 8).

Kyselytutkimuksen analyysin perusteella lukion opiskelijat toivovat, että lääkekemian kontekstissa toteutettu kemian opetus

1) Tarjoaisi heille sellaista tietoa, josta voisi olla hyötyä ylioppilaskirjoituksissa tai jatko-opiskelupaikkojen pääsykokeissa.

2) Esittelisi kemiaan ja/tai kemian teollisuuteen liittyviä opintopolkuja ja ammattivaihtoehtoja. Mikä voisi auttaa heitä ammatinvalinnassa.

3) Tarjoaisi tietoa lääkkeiden vaikutuksesta ihmiseen ja lääketieteellisyydestä yleisesti.



Nämä kolme edellytystä tulisi siis ainakin täyttyä, jotta lääkekemian kontekstissa toteutettu kemian opetus tuntuisi opiskelijoista heille relevantilta kaikilla kolmella relevanssiteorian tasolla. Nämä kolme edellytystä tulee tämän kyselytutkimuksen mukaan ottaa huomioon, kun lähtee suunnittelemaan opiskelijoille relevanttia lääkekemian kokeellista oppilastyötä.

#### 4.2.2 Oppikirja-analyysi

Oppikirja-analyysi suoritettiin aineistolähtöisenä sisällönanalyysinä marraskuussa 2017 (ks. luku 4.1.1).

Analyysiin valittiin mukaan kaikki lokakuun loppuun 2017 ilmestyneet lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaiset lukion kemian oppikirjat, eli yhteensä 11 oppikirja neljästä eri kirjasarjasta. Analyysissä mukana olleet kirjasarjat ovat: Lukion Kemia, Mooli, Orbitaali ja Tabletkoulu. Analysoiduista kirjasarjoista kaksi oli saatavilla ainoastaan e-kirjoina: Orbitaali sekä Tabletkoulu. Mooli sekä Lukion kemia sarjat olivat saatavilla sekä painettuna, että digikirjoina. Kaikki 11 analysoitua kirjaa on kuvattu liitteessä 1.

Oppikirja-analyysin tarkoituksena oli kartoittaa, miten lääkkeiden- ja emulsiovoiteiden valmistusta käsitellään kemian opetuksessa tällä hetkellä ja minkälaiselle oppimateriaalille on tarvetta. Sekä löytyykö oppimateriaaleista pitää ottaa huomioon suunniteltaessa oppilaille relevanttia lääkekemiaan liittyvää oppilastyötä.

Analyysi aloitettiin poimimalla kaikki lääkkeiden- tai emulsionvalmistukseen liittyvät maininnat oppikirjoista eli redusoiitiin tutkimuksen kohteena oleva aineisto. Mainintojen määrät on koottu maininnan sijainnin ja kirjasarjan perusteella taulukkoon 4.2. Kirjoista poimitut maininnat löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 2.

Emulsioita käsiteltiin kaikkien kirjasarjojen 1. osissa seosten opettamisen yhteydessä. Lääkekemian maininnat eivät rajoittuneet tiettyyn kemian aihealueeseen, vaan mainintoja löytyi kaikkien kurssien kirjoista. Kuten taulukosta 4.2 havaitaan mikään analyysissä mukana olleista oppikirjoista ei käsittele emulsioita ja lääkekemiaa samassa yhteydessä.

*Taulukko 4.2 Oppikirjoista poimitut maininnat sijainnin ja kirjasarjan mukaan järjestettynä. E = emulsiota koskeva maininta, L = lääkkeenvalmistusta koskeva maininta ja E+L = emulsio sekä lääkekemia samassa maininnassa.*

Sijainti/ Lähde	Leipäteksti			Oppilastyö tai demonstraatio			Kuva tai inforuutu			Taulukko tai kaavio			Harjoitustehtävä		
	E	L	E+L	E	L	E+L	E	L	E+L	E	L	E+L	E	L	E+L
A1	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-
A2	-	2	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-
B1	1	1	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	-	-
B2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-
B3	-	2	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-
C1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
D1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
D2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-	2	-
D3	-	1	-	-	2	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-

Oppikirjoista poimitut maininnat klusteroitiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin (ks. Luku 4.1.1) periaatteiden mukaisesti kolmeen alaluokkaan. Alaluokkiin jako tapahtui mainintojen oletettujen oppimistavoitteiden perusteella. Alaluokiksi muodostuivat 1) Lääkkeen tai emulsion valmistus 2) Lääkkeiden ja emulsioiden ominaisuudet 3) Lääkkeiden ja emulsioiden peilaaminen opiskeltavaan teoriaan. Alaluokat ja mainintojen sijainnin perusteella tehdyt esimerkit alaluokista on esitetty taulukossa 4.3.

*Taulukko 4.3 Oppikirja-analyysin tuloksena määritetyt 3 alaluokkaa lääkkeen- ja emulsionvalmistuksen esiintymiselle kemian lukion oppikirjoissa*

Oppimistavoite	Oppilastyö tai demonstraatio	Leipäteksti	Harjoitustehtävä	Kuva	Lisätietosivu tai -ruutu
Lääkkeen tai emulsion valmistus	Oppilastyö, tai demonstraatio, jossa valmistetaan lääkeaine tai emulsio	Kuvaillaan, miten jokin lääkkeen- tai emulsion valmistusprosessi etenee.	Tehtävässä suunnitellaan tai pohditaan lääkkeen- tai emulsion valmistusta	Kuva, joka havainnollistaa lääkkeen- tai emulsion valmistusta	Kuvaillaan, miten jokin lääkkeen- tai emulsion valmistusprosessi etenee.
Lääkkeiden tai emulsioiden ominaisuudet	Oppilastyö tai demonstraatio, jossa tutkitaan valmiin lääkeaineen tai emulsion ominaisuuksia	Kuvaillaan lääkkeen tai emulsion ominaisuuksia, valmistuksen historiaa tai merkitystä yhteiskunnalle.	Tehtävässä annetaan tietoa jonkin lääkeaineen tai emulsion ominaisuuksista ja/tai käytöstä	Kuva havainnollistaa lääkeaineen rakennetta	Kuvaillaan lääkkeen tai emulsion ominaisuuksia, valmistuksen historiaa tai merkitystä yhteiskunnalle.
Lääkekemian ja emulsioiden peilaaminen opiskeltavaan teoriaan	Oppilastyö tai demonstraatio, jossa työohjeessa viitataan lääkkeen tai emulsion valmistukseen tai niihin liittyvään teoriaan	Tekstissä mainitaan yhdisteen käyttö lääkeaineena tai lääkkeen valmistuksen osana.	Tehtävässä mainitaan jokin lääkeaine tai puhutaan emulsiosta, mutta ei varsinaisesti käsitellä lääkkeenvalmistusta tai lääkkeen tai emulsion ominaisuuksia	Kuva, joka liittyy lääkkeisiin tai emulsioon, mutta ei anna lisätietoa opiskelijalle.	Tekstissä mainitaan yhdisteen käyttö lääkeaineena tai lääkkeen valmistuksen osana

Mainintojen jako alaluokkiin tapahtui seuraavin perustein:

### 1) Lääkkeen tai emulsion valmistus

Tähän alaluokkaan poimittiin maininnat, joissa yhtenä oppimistavoitteena oli oppia lääkkeen tai emulsion valmistukseen liittyviä tietoja ja/tai taitoja. Esimerkkinä tähän ryhmään poimituista maininnoista mainittakoon asetyylisalisyylihapon synteesi, joka esiintyi useammassa oppikirjassa oppilastyönä.

### 2) Lääkkeiden tai emulsioiden ominaisuudet

Toiseen alaluokkaan poimittiin maininnat, joissa yhtenä oppimistavoitteena oli oppia teoriaa lääkkeen tai emulsion ominaisuuksista, valmistuksen historiasta tai lääkeaineen tai lääkevalmistuksen merkityksestä yhteiskunnalle. Esimerkiksi emulsion määritelmä:

*”Emulsio on kahden toisiinsa sekoittumattoman nesteen muodostama seos”* (Mooli 1, kappale 2.2)

On poiminta, joka luokiteltiin tähän alaluokkaan.

### 3) Lääkekemian tai emulsioiden peilaaminen opiskeltavaan teoriaan

Kolmanteen alaluokkaan poimittiin maininnat, joissa oppimistavoite ei liittynyt lääkkeen tai emulsion valmistukseen eikä niiden kummankaan ominaisuuksiin, mutta maininta oli kuitenkin jollain tavalla sidottu lääkekemian kontekstiin. Esimerkiksi laskutehtävä:

*”Mikä ainemäärä asetyylisalisyylihappomolekyylejä on aspiriinitabletissa, jos se sisältää  $1,7 \cdot 10^{21}$  asetyylisalisyylihappomolekyyliä?”* (Mooli 2 kappale 1.2 tehtävä 7)

Ei opeta oppilaalle mitään uutta asetyylisalisyylihapposta tai sen valmistuksesta, mutta se on esitetty lääkekemian kontekstissa, joten se luettiin kuuluvaksi tähän kolmanteen alaluokkaan.

Oppikirja-analyysissä havaittiin, että lääkekemian kontekstia sovelletaan jo useammalla tavalla nykyisiin lukion oppimateriaaleihin. Lääkkeenvalmistusta käsitteleviä oppilastoita löytyi kuitenkin vain kaksi erilaista ja emulsion valmistamiseen liittyviä oppilastoita ei löytynyt lainkaan.

## 4.4 Johtopäätökset

Empiirisen ongelma-analyysin tavoitteena oli löytää vastauksia tutkimuskysymyksiin 1 ja 2.

1. Minkälainen tarve nykyhetkellä lääkekemian kontekstiin pohjautuvilla oppilastoilla?
2. Mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin lääkekemian oppilastyön suunnittelussa?

Näihin kysymyksiin etsittiin vastausta haastatteleamalla lukiolaisia kyselytutkimuksessa sekä analysoimalla 11 lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaista oppikirjaa laadullisen sisällönanalyysin keinoin.

Tutkimuskysymykseen 1. etsittiin vastausta kyselytutkimuksella ja oppikirja-analyysillä. Kyselytutkimuksesta havaittiin, että opiskelijat valitsivat lääkekemian kurssin saadakseen tietoa kemiaan liittyvistä ammateista ja jatko-opiskelumahdollisuuksista sekä helpottaakseen tai vahvistaakseen päätöstään uravalinnasta. Opiskelijat tarvitsevat ja ovat kiinnostuneita hankkimaan tietoa kemian alan ammateista ja työmahdollisuuksista.

Käytännönläheisemmille ja työelämään kontekstiin linkitetyille teoriapaketeille, tehtäville ja oppilastöille on tämän kyselytutkimuksen mukaan tarvetta.

Oppikirja-analyysissä havaittiin, että lääkekemian kontekstia on käytetty kaikissa analyysissä mukana olleissa kirjasarjoissa. Emulsioita oli käsitelty lukion ensimmäisen kurssin kirjoissa. Lääkekemia ja emulsiot ovat siis jo esillä lukion oppimateriaaleissa. Yhtään oppilastyötä, joka yhdistäisi emulsiot ja lääkekemian ei löytynyt ja lääkekemiaan liittyviä oppilastöitä löytyi ylipäättänsä vain kaksi.

Kyselytutkimuksesta selvisi, että tutkimuksessa mukana olleet lukiolaiset tunsivat lääkekemian kontekstin kemian opetuksessa sekä kiinnostavaksi, mutta myös tiettyjen ehtojen täytyessä relevantiksi itselleen kaikilla kolmella relevanssiteorian tasolla, joita ovat henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen taso. Ehdot joilla opiskelijat voisivat kokea lääkekemian kontekstissa toteutetun oppilastyön relevantiksi itselleen ovat:

- 1) Oppilastyö tarjoaa sellaista tietoa, josta voi olla hyötyä ylioppilaskirjoituksissa tai korkeakoulujen pääsykokeissa.
- 2) Oppilastyö esittelee kemiaan liittyviä opiskelupaikkoja ja/tai ammatteja.
- 3) Oppilastyö tarjoaa tietoa lääkkeiden vaikutuksesta ihmiseen ja/tai esittelee lääketeollisuutta yleisesti.

Tämä tulos vastaa osittain tutkimuskysymykseen 2. Lukiolaisten kannalta relevantti lääkekemian kokeellinen oppilastyö tulee suunnitella siten, että se täyttää ainakin yllä olevat kolme ehtoa.

#### 4.5 Oppilastyön kehittäminen

Tavoitteena kehittää relevantti tutkimuksellinen oppilastyö teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin avulla.

Teoreettisessa sekä empiirisessä ongelma-analyysissä selvitettiin, minkälaista on relevantti opetus. Teoreettisessa ongelma-analyysissä relevanssin käsite opetuksessa määriteltiin Stuckey et al. (2013) relevanssiteorian ja Eilks et al. (2013) relevanssin määritelmän mukaisesti. Relevanssilla on kolme tasoa 1) henkilökohtainen, 2) ammatillinen ja 3) yhteiskunnallinen sekä kaksi ulottuvuutta aika (nykyhetki ja tulevaisuus) sekä tarkastelun näkökulma (ulkoinen ja sisäinen relevanssi). Opetus voi siis olla monella eri tasolla

relevanttia. Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on kehittää tutkimuksellinen oppilastyö, joka olisi opiskelijoille relevantti kaikilla kolmella relevanssiteorian tasolla, nykyhetkellä ja tulevaisuudessa. Oppilastyön tulisi siis olla opiskelijoista kiinnostava tai tarjota heidän tarpeelliseksi kokemaansa tietoa. Lisäksi sen tulisi tarjota heille tietoa työelämästä, ammateista tai tukea ammatinvalintaa sekä saada opiskelijat ymmärtämään paremmin kemian osaamisen merkitystä lääketeollisuudelle ja yhteiskunnalle.

Empiirisessä ongelma-analyysin kyselytutkimuksessa selvitettiin, mitä lääkekemian kontekstissa tapahtuvalta opetukselta vaaditaan, jotta se olisi opiskelijoiden näkökulmasta relevanttia. Tulokseksi saatiin seuraavat vaatimukset: 1) Opetus tarjoaa sellaista tietoa, josta voisi olla hyötyä ylioppilaskirjoituksissa tai jatko-opiskelupaikkojen pääsykokeissa. 2) Opetuksessa esitellään kemiaan ja/tai kemian teollisuuteen liittyviä opintopolkuja ja ammattivaihtoehtoja, tai jotain joka voisi auttaa heitä ammatinvalinnassa. 3) Tarjoaisi tietoa lääkkeiden vaikutuksesta ihmiseen ja lääketeollisuudesta yleisesti.

Relevanssin kolmen tason saavuttamiseksi oppilastyö käsittelee sellaista kemian ainesisältöä, joka on opetussuunnitelman mukaista ja voisi olla hyötyä myös kemian alan jatko-opinnoissa. Työssä esitellään ammatteja, jotka tarvitsevat kemian osaamista ja siinä korostetaan kemian osaamisen merkitystä yhteiskunnalle. Oppilastyön kiinnostavuutta ja henkilökohtaista relevanssia on pyritty nostamaan valitsemalla työlle opiskelijoita kiinnostava ja heille arkielämästä tuttu konteksti, lääkekemia (Lavonen et al.2008).

Teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta päätettiin kehittää sekä kokeellisen että tutkimuksellinen oppilastyö, sillä tutkimuksellisessa opetusmenetelmässä oppilas on aktiivisempi ja kehittää tutkimisen ja ajattelun taitojansa enemmän verrattuna vain perinteiseen kokeelliseen työskentelyyn. Oppilastyön tutkimuksellisuuden asteeksi valittiin teoreettisen ongelma-analyysin perusteella ohjattu tutkimuksellisuus. Ohjattuun tutkimuksellisuuteen päädyttiin kolmesta syystä. Ensimmäiseksi oppilastyön tavoitteena on ohjata oppilaita tiedonhakuun ja itsenäiseen ajatteluun sekä aiemmin opitun soveltamiseen uudessa kontekstissa. Tästä syystä suljetummat tutkimuksellisuuden muodot, kuin ohjattu tutkimuksellisuus eivät soveltuneet tähän oppilastyöhön. Toiseksi oppilastyön tulee sopia myös oppilaille, jotka eivät aiemmin ole opiskelleet tutkimuksellisesti. Avoin tutkimuksellisuus vaatii onnisuakseen harjoittelua ja koska tämän oppilastyön on tarkoitus olla kaikkein opettajien saatavilla, ei voida olettaa, että opiskelijoilla olisi tarpeeksi kokemusta avoimesta tutkimuksellisuudesta. Kolmanneksi ohjattua tutkimuksellisuutta

avoimemmat tutkimuksellisuuden muodot vaativat enemmän aikaa toteutukseen, kuin ohjattu tutkimuksellisuus. (Banchi & Bell 2008)

#### 4.6 Kehittämistuotos 1

Tässä alaluvussa esitellään kehittämisprosessin ensimmäisen syklin avulla tuotettu oppimateriaali, eli kehittämistuotos 1, joka kokonaisuudessaan löytyy liitteestä 3.

Kehitettävän oppimateriaalin tavoitteiksi asetettiin seuraavaa: kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet, oppia mitä kemiallisia ilmiöitä emulsioihin liittyy, oppia uusia työmenetelmiä, oppia tuntemaan ammatteja, joissa kemian tuntemus on tärkeää sekä ymmärtää kemian merkitys lääkealalla.

Työohje koostuu neljästä osasta:

1. Emulsion ominaisuuksia kertaavat ennakkotehtävät
2. Virittäytyminen Laboratoriotyöhön johdatteleva tarina
3. Emulsion valmistus laboratoriossa
4. Lietevoitteen valmistus laboratoriossa

##### **Ennakkotehtävät**

Ennakkotehtävien tarkoituksena on kerrata aiemmin opittua tietoa emulsioista ja niiden ominaisuuksista. Kertaus voidaan tehdä itsenäisenä tiedonhakutehtävänä tai opettajan kanssa oppitunnilla. Ennakkotehtävät soveltuvat käytettäväksi opiskelijoiden kanssa, jotka eivät aiemmin ole opiskelleet emulsion ominaisuuksia, mutta jos emulsiot ovat uusia asia, suositellaan ennakkotehtäviin varaamaan enemmän aikaa.

Ennakkotehtävät:

*Muistuta mieleesi:*

- mitä tarkoitetaan emulsiolla
- Mitä tarvitaan emulsion muodostumiseen
- Minkälainen on emulgaattorin rakenne ja mikä on sen rooli emulsiossa
- Mainitse sinulle arkielämästä tuttuja emulsioita.

## **Virittäytyminen**

Oppilastyön konteksti haluttiin tehdä eläväksi tarinan avulla. Tarinan tarkoitus on johdatella opiskelija voiteenvalmistustyöhön ja tuoda kokonaisuuteen tutkimuksellista näkökulmaa. Tarinan tapahtumapaikkana toimii apteekki. Tarina kertoo proviisori-, farmaseutti- tai lääketeknikko-opiskelijan päivästä apteekin työharjoittelijana. Opiskelijan on määrä valmistaa lääkevoide, joka avaa flunssaisen asiakkaan hengitysteitä. Opiskelija on kuitenkin ollut laiska lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla sekä laboratoriotöissä ja siksi kohtaa useita ongelmallisia tilanteita lääkevalmistuksen aikana.

Johdatteleva tarina on yritetty tehdä todenmukaiseksi. Apteekissa proviisori-, farmaseutti- ja lääketeknikkharjoittelijoiden tulee mahdollisuuksien mukaan harjoitella lääkkeenvalmistusta työharjoittelunsa aikana. Lääkevalmistusta harjoittavat apteekit antavatkin voiteiden valmistuksen usein harjoittelijoiden tehtäväksi.

Virittäytymisen tarkoituksena on aktivoida opiskelijoita, harjoitella tiedonhakua ja ongelmanratkaisutaitoja, kerrata poolisuuden käsitettä sekä lyhentää laboratoriossa kuluvaa aikaa. Laboratoriossa opiskelijat valmistavat lääkevoiteen itse täydentämänsä työohjeen mukaisesti. Emulsion valmistaminen vaatii jo noin 60 minuuttia aikaa opiskelijoilta, joten tutkimuksellinen näkökulma lisättiin tarinaan, joka oppilaiden on tarkoitus lukea ja ratkaista siinä esitetyt ongelmat ennakkotehtävänä itsenäisesti omalla ajalla tai opettajan avulla edeltävällä oppitunnilla. Ennakkotehtävät ja tarina valmistavat opiskelijaa laboratoriotyöhön. Laboratorioon mentäessä jokaisen opiskelijan tulisi jo tietää, miten voide teoriassa valmistetaan, sillä lääkevoiteen valmistus vie aikaa noin 90 minuuttia, eli noin yhden kemian tuplatunnin verran.

## **Emulsiovoiteen valmistus**

Ennakkotehtävien ja virittäytymisen jälkeen aloitetaan työn ensimmäinen kokeellinen vaihe, emulsiovoiteen valmistus. Ensimmäiseksi opiskelijat valmistavat emulsiovoiteeseen tarvittavat rasvafaasin ja vesifaasin. Virittäytymistehtävässä opiskelijat ovat itse ratkaisseet emulsiovoiteen rasvafaasin ja vesifaasin koostumuksen, joten opettajan on hyvä vielä tarkistaa ovatko kaikki päätyneet oikeaan tulokseen.

Kun rasvafaasi ja vesifaasi on punnittu ja sulatettu tulee ne lämmittää samaan lämpötilaan 60 °C ja 70 °C välillä ja yhdistää sekoittaen. Sekoitusta jatketaan, kunnes emulsio on täysin



jäähtynyt ja muistuttaa rakenteeltaan kermavaahtoa tai on vain vähän sitä juoksevampaa. Emulsion huolellinen ja tarpeeksi pitkään jatkuva sekoittaminen estää dispergoitunutta faasia, eli tässä työssä vesifaasia yhdistymästä uudelleen. Mikäli faasien lämpötilat ovat yhdistämisvaiheessa liian kaukana toisistaan tai mikäli emulsion sekoitus lopetetaan liian aikaisin faasit erottuvat, eikä pysyvää emulsiota muodostu.

Emulsion valmistuksen aikana on tavoitteena, että opiskelijat oppivat uusia työtapoja ja siirtävät oppimaansa teoriaa käytäntöön.

### **Lietevoiteen valmistus**

Valmiista ja huoneenlämpöön jäähtyneestä emulsiosta valmistetaan lietevoide. Veteen huonosti liukenevat vaikuttavat aineet, jotka voivat olla kiinteitä tai nesteitä, lietetään emulsioon hiertämällä. Tässä työssä lietettävä vaikuttava-aine on mentoli. Mentoli on kiteinen aine ja jotta voiteesta tulee tasalaatuinen, se tulee hiertää hienoksi jauheeksi ennen liettämisen aloittamista. Mentoli valikoitui lääkevoiteen vaikuttavaksi aineeksi, sillä se ei ole ongelmajätettä, kuten varsinaiset lääkeaineet joten työssä ei tule ongelmajätettä. Koska valmis voide ei sisällä varsinaisia lääkeaineita, voidaan opiskelijoiden antaa viedä itse valmistamansa voide kotiin, jolloin voide tulee käyttöön, eikä turhaa jätettä synny.

Lietevoiteen valmistus aloitetaan lisäämällä vaikuttavan aineen kanssa samaan huhmareeseen yhtä suuri grammamäärä valmista emulsiovoidetta, kuin huhmareessa on vaikuttavaa ainetta. Nämä sekoitetaan huolellisesti ja lisätään valmista emulsiovoidetta yhtä suuri määrä, kuin huhmareessa on valmiiksi vaikuttavan aineen ja emulsiovoiteen lietettä, tätä kutsutaan geometriseksi lisäykseksi, sillä se tapahtuu geometrisen sarjan mukaisesti. Voiteen valmistusta jatketaan samalla tavalla, kunnes kaikki emulsiovoide on lisätty huhmareeseen ja voide on sekoitettu tasalaatuiseksi. Viimeiseksi lisätään haihtuvat eteeriset öljyt ja sekoitetaan huolellisesti.

Lietevoiteen valmistuksessa on tavoitteena oppia uusia työskentelytapoja, kerrata geometrisen sarjan periaate ja liete-käsite.

### **4.7 Kehittämistuotoksen arviointi ja jatkokehitys**

Tässä luvussa esitellään, miten kehittämistuotosta arvioitiin, miten arviointiin tarkoitettu mittari kehitettiin sekä miten kehittämistuotosta jatkokehitettiin arvioinnin perusteella.

Kehittämistuotosten arvioimiseen käytettiin tapaustutkimusta, mikä on yleinen laadullisen tutkimuksen strategia tai lähestymistapa. Tapaustutkimukselle on useita määritelmiä ja eri tieteenalat hyödyntävät sitä erilaisin tavoin. Se on monimuotoinen tutkimusstrategia tai tutkimuksellinen lähestymistapa. Tapaustutkimuksessa oleellista on, että tarkastelun kohteena on yksi tai useampi tapaus, joiden määrittely, analysointi ja ratkaisu ovat tutkimuksen pää tavoitteet. Tapaustutkimuksen kohteet ovat usein moniulotteista ja tapaustutkimuksen avulla pystytään vastaamaan kysymyksiin, miten ja miksi. (Erikson & Koistinen, 2014; Laine, 2008) Tässä tutkimuksessa tutkimuskohteena oli kehitetyn oppimateriaalin vaikutus siihen, miten relevanttina lukiolaiset pitävät kemian opetusta.

Kehittämistuotos 1, arvioitiin Helsingin yliopistolla Kemianluokka Gadolinissa, järjestetyssä tapaustutkimuksessa 7.11.2017. Tapaustutkimukseen osallistui 9 lukiolaista.

Opiskelijat olivat tehneet työvaiheet 1 ja 2 eli ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävät ennen Kemianluokka Gadoliniin saapumista. Ennakkotehtävistä ja virittäytymistehtävistä keskusteltiin yhteisesti, ennen kuin opiskelijat alkoivat suorittaa työvaiheita 3 ja 4 eli emulsion valmistusta ja lietevoiteen valmistusta. Työhön oli varattu aikaa 120 minuuttia. Opiskelijat suorittivat työtä pääasiassa itsenäisesti. Opettaja toimi ohjaajana, joka auttaa vain tarvittaessa ja opiskelijoiden pyytäessä.

Oppilastyön suorittamisen jälkeen opiskelijat vastasivat paperiseen kyselytutkimuslomakkeeseen, jonka tarkoitus oli selvittää, mitkä relevanssin tasot opiskelijat olivat oppilastyön aikana saavuttaneet. Kyselytutkimuslomake on kuvattu seuraavassa kappaleessa.

#### 4.8 Kyselytutkimus

Ensin kerotaan lyhyesti kyselytutkimuksesta tutkimusmenetelmänä ja sitten esitellään, miten tämän tutkimuksen kyselylomake laadittiin relevanssiteorian ja laadullisen kyselytutkimuksen käytäntöjen mukaisesti. Alaluvuissa 4.8.2 ja 4.8.3 esitellään pilottitutkimus, jonka tarkoituksena oli testata kyselylomakkeen toimivuutta tutkimuksen mittarina.

Kyselytutkimuksessa tutkimuksen osallistujille esitetään samat kysymykset samalla tavalla. Kyselytutkimus on siis standardoitu. Kyselytutkimus suoritetaan yleisimmin kyselylomakkeella, joka voi olla paperinen tai sähköinen. Kyselylomakkeen kysymykset

voivat olla avoimia tai monivalintakysymyksiä tai samassa lomakkeessa voi esiintyä molempia kysymystyyppejä. Laadullisessa tutkimuksessa on tyypillistä käyttää avoimia kysymyksiä ja määrällisessä tutkimuksessa monivalintakysymyksiä. Avoimia kysymyksiä käytettäessä annetaan vastaajalle mahdollisuus muotoilla ajatuksensa omin sanoin ja tällöin saadaan todellisempi kuva vastaajan omista käsityksistä ja ajatuksista tutkittavaa asiaa Kohtaan. Laadullisen tutkimuksen analysoinnissa tutkija itse tulkitsee aineistoa. Aineiston tulkinta ja vastausten vertailukelpoisuus ovat laadullisen kyselytutkimuksen haasteita. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2008)

Kyselytutkimus voidaan suorittaa useammalla tavalla, esimerkiksi postitse lähetettävällä lomakkeella, sähköisellä lomakkeella tai kontrolloituna kyselynä. Informoidussa kyselytutkimuksessa tutkijat itse ovat läsnä kyselylomakkeen täyttämishetkellä ja jakavat lomakkeet kyselyn osallistujille. Näin tutkijat voivat informoida osallistujia tutkimuksen päämääristä ja vastata mahdollisiin osallistujien kyselylomakkeesta esittämiin kysymyksiin. (Hirsjärvi et al. 2008)

Tutkimuslomake tulee täyttää sopivalla pilottijoukolla ennen varsinaisen tutkimuksen tekemistä. Tällä tavalla tarkastetaan tutkimuslomakkeen toimivuus sekä kysymysten ymmärrettävyys että yksiselitteisyys. Mikäli tutkimuslomakkeessa havaitaan puutteita, kuten että tutkimuskysymykset eivät ole yksiselitteisiä tai mittari ei mittaa juuri sitä asiaa, mitä halutaan tutkia, tulee tutkimuslomaketta muokata ennen varsinaista tutkimusta. (Metsämuuronen, 2011)

#### 4.8.1 Kyselylomakkeen laatiminen

Laadulliselle tutkimukselle tyypilliseen tapaan, kyselylomakkeen kysymyksiksi laadittiin avoimia kysymyksiä, joiden tarkoituksena on selvittää, mille relevanssin tasolle opiskelijat pääsivät oppilastyön aikana. Taustatiedoista sukupuoli ja viimeisin kemian arvosana kerättiin monivalintakysymyksenä lomakkeen analysoinnin sujuvoittamiseksi.

Kyselytutkimus suoritetaan informoituna tutkimuksena heti oppilastyön suorittamisen jälkeen. Kyselylomake jaetaan opiskelijoille paperisena internetyhteyden puuttumisen takia ja vastaukset tallennetaan myöhemmin sähköiseksi e-lomakkeelle tulosten käsittelyn helpottamiseksi.

Jotta laadittua lomaketta voisi pitää luotettavana ja käyttökelpoisena tulisi sen Metsämuurosen (2011) mukaan täyttää seuraavat ehdot:

1. Ensin tehdään raakaversio
2. Raakaversiosta pyydetään korjausehdotuksia kollegoilta ja ystäviltä
3. Raakaversiota kollegoiden ja ystävien korjausehdotusten perusteella
4. Mittarin tarkennus
5. Pilottitutkimuksen suorittaminen mittarin toimivuuden selvittämiseksi
6. Kyselylomakkeen korjaaminen pilottitutkimuksen tulosten perusteella

Kyselylomakkeen raakaversio luotiin Stuckey et al. (2013) julkaiseman relevanssiteorian pohjalta. Kyselylomakkeessa haluttiin ottaa tasapuolisesti huomioon relevanssiteorian kolme tasoa, henkilökohtainen, yhteiskunnallinen ja ammatillinen relevanssi. Tutkimuslomake koostuu neljästä osasta:

- 1) Taustatiedot
- 2) Henkilökohtainen relevanssi
- 3) Yhteiskunnallinen relevanssi
- 4) Ammatillinen relevanssi

Raakaversiota muokattiin tutkielman ohjaajien kanssa. Tämän jälkeen raakaversio esitettiin Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan aineenopettajien graduseminaarissa ja siitä pyydettiin kommentteja ja palautetta. Tämän jälkeen raakaversiosta muokattiin korjausehdotusten mukaan pilottiversio, joka löytyy liitteestä 4.

#### 4.8.2 Pilottitutkimus

Pilottitutkimus suoritettiin Helsingin Yliopistolla Kemianluokka Gadolinissa 26.10.2017. Pilottitutkimukseen osallistui 8 lukiolaista pääkaupunkiseudulta. Pilottitutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa kyselylomakkeen ja oppilastyön työohjeen raakaversioiden toimivuus. Saadaanko kyselylomakkeen avulla vastauksia siihen, mitä halutaan tutkia: Miten relevanttina opiskelijat kokevat lääkekemian kontekstissa suoritettua oppilastyötä ja mille relevanssin tasolle opiskelijat pääsevät lääkekemian tutkimuksellisen oppilastyön aikana.

Tutkimuslomake laadittiin mittaamaan, miten relevantiksi opiskelijat kokevat lääkekemia-aiheisen oppilastyön. Tutkimuslomake suunniteltiin täytettäväksi kehitetyn oppimateriaalin, eli oppilastyön suorittamisen jälkeen. Tästä syystä myös tutkimuslomakkeen pilottitutkimuksessa opiskelijoiden tuli suorittaa kehittämistuotos 1 (Ks. Liite 3), mukainen oppilastyö sekä ennakkotehtävät.

Pilottitutkimus alkoi jakamalla opiskelijoille oppilastyön ennakkotehtävät heidän sähköiselle kurssialustalleen viikkoa ennen oppilastyön suorittamista Kemianluokka Gadolinissa. Opiskelijoille annettiin viikko aikaa tehdä itsenäisesti oppimateriaalin ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävät. Itse oppilastyölle sekä tutkimuslomakkeen täyttämislle oli varattu 120 minuuttia aikaa.

Oppimateriaalin kokeellinen osuus aloitettiin käymällä yhteisesti läpi opiskelijoiden tekemät ennakkotehtävät, virittäytymistehtävät sekä näiden tehtävien herättämät ajatukset ja kommentit. Ennakkotehtävien läpikäyntiin käytettiin PowerPoint -esitystä, joka löytyy liitteenä 7.

Ennakkotehtävien jälkeen opiskelijat alkoivat suorittaa oppilastyötä pareittain itsenäisesti.

Kaikki voiteen valmistukseen tarvittavat raaka-aineet sekä välineet olivat valmiina opiskelijoiden saatavilla. Opettaja ja tutkija toimivat ohjaajina, joilta pystyi kysymään neuvoa ja apua tarvittaessa.

Ensin valmistettiin emulsiovoidetta varten rasvafaasi ja vesifaasi. Sitten muodostettiin emulsio yhdistämällä saman lämpöiset rasvafaasi ja vesifaasi keskenään samalla sekoittaen. Emulsion muodostumiselle on tärkeää, että sekoittamista jatketaan tarpeeksi pitkään rasvafaasin ja vesifaasin yhdistämisen jälkeen. Tämä pitkä sekoittamisvaihe oli opiskelijoille vaikea ymmärtää ja sitä ei ilmeisesti painotettu tarpeeksi työn ohjeistamisvaiheessa.

Emulsion valmistuksen jälkeen opiskelijat valmistivat lietevoiteen hierontamalla jauhamansa mentolin geometrisen sarjan mukaan emulsiovoidepohjaan. Tämän vaiheen suorittamisessa ei ilmennyt ongelmia.

Jokainen pari onnistui emulsiovoiteen ja lietevoiteen valmistuksessa työohjeen ja ennakkotehtävissä keräämänsä tiedon avulla.

Oppilastyön jälkeen opiskelijoille jaettiin tutkimuslomakkeet (Liite 4) ja heitä ohjeistettiin niiden täyttämässä. Tutkimuslomakkeiden täyttämiseen oli varattu aikaa noin 10 minuuttia, mutta 15 minuuttia olisi ollut sopivampi aika.

#### 4.8.3 Pilottitutkimuksen tulokset

Pilottitutkimuksessa testattiin tutkimuslomakkeen toimintaa tämän tutkimuksen mittarina. Pilottitutkimukseen osallistui kahdeksan lukiolaista pääkaupunkiseudun lukiosta. Kerätyt vastaukset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä (ks. Luku 3.1.2). Teoreettisena viitekehyksenä käytettiin relevanssiteoriaa (Stuckey et al. 2013). Tutkimuksen analyysirungon kehittämisessä käytettiin pohjana alakappaleessa 4.2 esiteltyä analyysirunkoa. Tätä analyysirunkoa käytettiin empiirisen ongelma-analyysin kyselytutkimuksen analysoimiseen. Tässä tehty tutkimus eroaa empiirisessä ongelma-analyysissä esittelystä siten, että nyt tutkitaan yksittäisen oppimateriaalin relevanssia kokonaisen lääkekemian kurssin sijaan. Tämä on otettu huomioon muokkaamalla analyysirunkoa kartoittamaan yksittäisen oppimateriaalin relevanssia opiskelijalle.

*Taulukko 4.4. Analyysirunko oppimateriaalin relevanssin tason määrittämiseksi. Analyysirunko jakaa opiskelijan tunteman relevanssin kolmeen sisäisen relevanssin tasoon ja kahteen dimensioon. Tasot ovat henkilökohtainen taso, yhteiskunnallinen taso sekä ammatillinen taso. Dimensiot ovat nykyhetki ja tulevaisuus. Analyysirungon pohjana on käytetty alakappaleessa 4.1 esitettyä analyysirunkoa.*

Sisäinen relevanssi	Relevanssiteorian dimensiot		Opiskelijan kokemukset
	Tutkimushetkellä	Tulevaisuudessa	
Henkilökohtainen relevanssi	Opiskelija kokee lääkekemia aiheen tärkeäksi itselleen. Hän oppii hyödylliseksi kokemiaan tietoja tai taitoja.	Opiskelija kokee oppineensa tietoja ja taitoja, jotka ovat hänelle tulevaisuudessa hyödyllisiä tai muulla tavalla tärkeitä. Esimerkiksi ylioppilaskirjoituksissa tai korkeakouluopinnoissa.	Henkilökohtainen merkitys tai hyöty.
Yhteiskunnallinen relevanssi	Opiskelija kokee oppivansa tietoja ja taitoja, jotka auttavat häntä toimimaan yhteiskunnan jäsenenä ja vastuullisena kansalaisena tai auttavat häntä ymmärtämään paremmin kemian ja/tai lääkekemian merkityksen yhteiskunnassa.	Opiskelija kokee oppivansa tietoja ja taitoja, jotka auttavat häntä toimimaan yhteiskunnan jäsenenä ja vastuullisena kansalaisena tai auttavat häntä löytämään oman paikkansa yhteiskunnassa tulevaisuudessa.	Tukee opiskelijan yhteiskuntaan kasvamista ja yhteiskunnan jäsenenä toimimista.
Ammatillinen relevanssi	Opiskelija kokee, että oppimateriaalin käsittelemät asiat tukevat häntä ammatin valintaa koskevissa päätöksissä tai nykyisen ammatin harjoittamisessa.	Opiskelija kokee, että oppimateriaalin käsittelemät asiat ovat hänelle myöhemmin työelämässä hyödyllisiä tai tärkeitä.	Tukee opiskelijan ammatillista osaamista, ammatin valintaa tai ammatin mielekkyyttä.

Opiskelijoille haastavaksi osoittautui yhteiskunnallisen relevanssin hahmottaminen ja sen osion täyttäminen vaati tutkimuksen aikana opiskelijoille annettavaa lisäselvitystä. Yhteiskunnallista relevanssia kartoittavat kysymykset ovat seuraavanlaiset:

- Miten tuo vaikutti näkemykseesi kemian merkityksestä yhteiskunnassa?
- Miten työ vaikutti siihen, miten arvostat kemian alaa?

Kuusi kahdeksasta vastaajista kertoi, että arvostaa kemian alaa jo valmiiksi, joten oppialastyö ei nostanut heidän arvostustansa kemian alaa kohtaan eikä näkemykseen kemian merkityksestä yhteiskunnassa.

Epäselväksi jäi, johtuiko yhteiskunnallisen relevanssin tason saavuttamatta jääminen mittarin kysymysten muotoilusta vai eikö oppilastyössä tuotu kemian ja lääkekemian yhteiskunnallista merkitystä tarpeeksi selvästi esille.

Vähiten ohjausta ja selvennystä vaativat henkilökohtaisen relevanssin saavuttamista kartoittavat kysymykset:

- Mitä hyötyä koet saaneesi tästä työstä (ennakkotehtävät + kokeellinen työ)
- Mitkä työn osiot olivat mielestäsi hyödyllisimpiä ja miksi?
- Mitä sellaisia tietoja tai taitoja opit, joiden oletat olevan sinulle hyödyllisiä tulevaisuudessa?

Vaikka kysymykset ymmärrettiin, eivät kaikki opiskelijat saavuttaneet sisäisen relevanssin tasoa. Kysyttäessä mitä sellaisia tietoja tai taitoja opit, joiden oletat olevan sinulle hyödyllisiä tulevaisuudessa? Vastauksista kävi ilmi, etteivät kaikki kokeneet oppineensa mitään uutta, jonka kokisi hyödyllisenä.

*”Teorian kertauksesta oli hyötyä”* (Vastaaaja 8)

*”Hyvää kertausta aiemmin opitusta. En juurikaan oppinut uutta”* (Vastaaaja 4)

Osa kuitenkin koki oppineensa uusia hyödyllisiä laborointitaitoja sekä hyödyllistä teorialtietoa työn aikana.

*”Emulgaattorien teoria uutta, koe antoi myös käytännön kokemusta laboratoriotöimintään”* (Vastaaaja 2)

*”Hyödyllistä oli emulsion valmistus kokonaisuudessaan ja pohdinta emulsiota valmistaessa. Siinä oppi uusia asioita”* (Vastaaaja 1)

Tutkimuslomakkeen henkilökohtainen relevanssi -osioon saatujen vastausten perusteella pystyttiin taulukossa 6.1.3 esitetyn analyysirungon avulla arvioimaan opiskelijan kokemaa relevanssia. Näin ollen mittari toimii henkilökohtaisen relevanssin mittaamisessa. Pilottitutkimuksen mukaan oppimateriaalia tulisi kehittää, jotta useampi opiskelija saavuttaisi henkilökohtaisen relevanssin tason oppilastyön aikana.

Ammatillisen relevanssin saavuttamisen tutkimiseen käytettiin seuraavia kysymyksiä:

- Miten työ vaikutti käsitykseen kemian tietämystä hyödyntävistä ammateista
- Miten mielekkäänä koet lääkkeenvalmistuskontekstin, joka työssä oli



- Voisiko tämän tyylliset työt vaikuttaa ammatinvalintapäätökseesi

Miten työ vaikutti käsitykseen kemian tietämystä hyödyntävistä ammateista, kysymys mittasi parhaiten opiskelijoiden ammatillisen relevanssin saavuttamista. Tällä kysymyksellä saatiin oppilaista analyysirungon (Ks. Taulukko 4.4) mukaisia vastauksia, jotka vastasivat kysymyksiin, tukeeko oppilastyö opiskelijoiden ammatinvalintaa tai nykyisen ammatin harjoittamista.

Opiskelijoiden vastausten mukaan, he eivät tienneet proviisoreiden, farmaseuttien tai lääketeknikkojen ammateista aiemmin. Moni kertoi ymmärtäneensä oppilastyön kautta paremmin kemian osaamisen merkityksen lääkealalla.

*”Työ muistutti kemian tietämyksen tärkeydestä lääkealalla”* (Vastaaja 5)

*”En ollut kuullut lääketeknikosta aiemmin”* (Vastaaja 1)

*”En tiennyt, että farmaseutit pääsevät oikeasti labraan”* (Vastaaja 4)

*”Työ avasi farmaseuttien työnkuvaa”* (Vastaaja 7)

Kaikki vastaajat kokivat lääkekemian kontekstin mielekkäänä, mutta tällä kysymyksen esittelyllä ei saatu tietoa ammatillisen relevanssin saavuttamisesta, vaan kysymyksen vastausten havaittiin kertovan enemmänkin henkilökohtaisen relevanssin tason saavuttamisesta.

*”Koin työn suhteellisen mielekkäänä, sillä aion suuntautua lääketieteellisen lukion jälkeen”* (Vastaaja, 4)

*”Erittäin uusi ja hieno kokemus”* (Vastaaja, 8)

Kysymys voisiko tämän tyylliset työt vaikuttaa ammatinvalintapäätökseesi, mittasi onnistuneesti sitä, onko opiskelijoiden mielestä tämän tyyllisistä kontekstuaalisista oppilastöistä heille hyötyä ammatin valinnassa.

Opiskelijat kokivat, että tämän tyylliset oppimateriaalit ja oppilastyöt voisivat vaikuttaa heidän ammatinvalintapäätökseen, jos tämän tyyllisiä töitä teetetettäisiin enne, kuin he ovat jo valinneet, mihin hakevat lukion jälkeen.

*”Ehdottomasti tämän tyylliset työt voisivat vaikuttaa. Käytännön kokemus erilaisilta ammateista on tärkeää, kun valitsee omaa opintosuuntaansa.”* (Vastaaja, 2)

*”Ehkä, ellei tuleva ammatti olisi niin selkeästi jo mielessä”* (Vastaaja, 6)

Pilottitutkimuksen perusteella tutkimuslomakkeen voidaan olettaa toimivan mittarina kehitetyn oppimateriaalin relevanssin arvioimisessa. Ainoastaan kysymys, miten mielekkäänä koet lääkekemian kontekstin, joka työssä oli? Ei mitannut ammatillisen relevanssin saavuttamista, niin kuin sen oli suunniteltu. Tutkimuksen mukaan opiskelijoiden vastaukset tähän kysymykseen kertoivat henkilökohtaisen relevanssin taosta ammatillisen relevanssin sijaan. Kysymys ei saanut myöskään opiskelijoilta perusteltuja vastauksia, joten kysymyksen muotoilua voi muutenkin pitää huonona laadulliseen tutkimukseen. Kyseinen kysymys päätettiin jättää pilottitutkimuksen perusteella pois kyselylomakkeesta. Pilottitutkimuksen tulosten perusteella muokattu tutkimuslomake on liitteenä 5.

## 5. II kehittämissykli

Tässä luvussa kuvataan kehittämistutkimuksen toinen kehittämissykli. Toinen sykli alkaa, kuten ensimmäinenkin, empiirisellä ongelma-analyysillä,

### 5.1 Empiirinen ongelma-analyysi 2

Pilottitutkimuksen aikana kehittämistuoksessa eli oppimateriaalissa havaittiin useita puutteita. Nämä havaitut puutteet korjattiin ja syntyi kehittämistuotos 2, joka esitellään alakappaleessa 5.2.

Kehittämistuotos 2 arvioitiin tapaustutkimuksessa Helsingin Yliopistolla Kemianluokka Gadolinissa 7.11.2017. Tapaustutkimuksessa 9 lukiolaista pääkaupunkiseudulta tekivät itsenäisesti oppimateriaalin ennakotehtävät ja virittäytymistehtävät, jonka jälkeen he tulivat Kemianluokka Gadoliniin suorittamaan oppilastyön laboratorio-osuuden. Oppilastyönsuorittamisen jälkeen opiskelijoille jaettiin tutkimuslomakkeet ja ohjeistettiin niiden täyttäminen.

Opiskelijoiden vastaukset kyselytutkimukseen analysoitiin taulukossa 4.2 esitetyn analyysirungon mukaisesti. Sisällön laadullisen analyysin tulosten perusteella kehittämistuotosta muokattiin jälleen, tarkoituksena kehittää oppilastyö, jonka avulla opiskelijat saavuttavat kaikki relevanssiteorian tasot. Muokkauksen tuloksena saatu kehittämistuotos 3 sekä 7.11.2017 tehty tapaustutkimus on tarkemmin esitelty alaluvussa 6.2.

### 5.2 I tapaustutkimus

26.10.2017 suoritetussa pilottitutkimuksessa, jonka tarkoitus oli testata mittarin toimivuutta, havaittiin, että opiskelijat eivät saavuttaneet yhteiskunnallisen relevanssin tasoa. Yhteiskunnallisen relevanssin tason saavuttamiseksi kehittämistuotosta 1 muokattiin vielä ennen varsinaisen tutkimuksen tekemistä.

Yhteiskunnallisella relevanssilla tarkoitettiin, että opiskelija kokee opetuksen antavan hänelle tietoja ja taitoja, joiden avulla hän ymmärtää paremmin yhteiskuntaa, oppii toimimaan yhteiskunnan aktiivisena jäsenenä tai löytää oman paikkansa yhteiskunnassa

(Stuckey et al. 2013). Kemian opetuksen yhtenä tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kemian merkityksen yhteiskunnalle (Opetushallitus, 2015). Oppimateriaalia muokattiin siten, että kemian merkitystä yhteiskunnalle ja lääketeollisuudelle yritettiin korostaa.

Oppimateriaaliin lisättiin virittäytymisosio, jossa kerrotaan lyhyesti kemian osaamisen merkityksestä lääkealalla työskenteleville sekä apteekin roolista lääkevalmistuksessa. Tämän virittäytymisosion tarkoituksena on saada opiskelijat ymmärtämään kemian tärkeys lääketeollisuudelle sekä lääkealalla työskenteleville. Tavoitteena on, että opiskelijoiden arvostus kemian oppiainetta ja kemian osaamista kohtaan nousisi, kun he tietävät miten tärkeä yhteiskunnallinen rooli sillä on. Kehittämistuotos 2 on liitteenä 6.

Kehittämistuotos 2 arvioitiin tapaustutkimuksessa 7.11.2017 Helsingin Yliopiston Kemianluokka Gadolinissa. Tapaustutkimukseen osallistui yhdeksän lukiolaista pääkaupunkiseudulta. Heille oli jaettu etukäteen oppimateriaalin ennakotehtävät ja virittäytymistehtävät. Opiskelijoiden tuli tehdä ennako- ja virittäytymistehtävät itsenäisesti ennen oppilastyön suorittamista Kemianluokka Gadolinin laboratoriossa. Ennakotehtävissä opiskelijat kertasivat emulsion ja emulgaattorin käsitteitä ja virittäytymistehtävässä opiskelijoiden tuli selvittää emulsiovoiteen vesifaasin ja rasvafaasin koostumus. Ennako- ja virittäytymistehtävät käytiin yhteisesti opiskelijoiden kanssa läpi ennen oppilastyön aloittamista. Läpikäymisessä käytettiin apuna PowerPoint -esitystä, joka löytyy liitteenä 7.

Ennakotehtävien läpikäynnin jälkeen opiskelijat jakautuivat pareihin ja alkoivat valmistaa emulsiovoidetta annetun työohjeen sekä virittäytymistehtävässä ratkaistujen tietojen avulla. Opettaja ja tutkija toimivat ohjaajina, joilta saattoi tarvittaessa kysyä apua tai neuvoa.

Emulsio valmistettiin ensin punnitsemalla rasvafaasin ja vesifaasin aineosat omiin dekanterilaseihin ja kuumentamalla ne samaan lämpötilaan. Tämän jälkeen rasvafaasi ja vesifaasi yhdistettiin huumareeseen samalla rauhallisesti sekoittaen. Emulsion sekoittamista jatkettiin, kunnes emulsio oli täysin jäähtynyt huoneenlämpötilaan. Emulsion valmistaminen sujui ilman ongelmia ja kaikki opiskelijat saivat onnistuneen emulsiovoiteen aikaiseksi.

Emulsiovoiteen valmistamisen jälkeen opiskelijat valmistivat emulsiovoiteesta ja mentolista lietevoiteen. Lietevoiteen valmistusta varten opiskelijat jauhoivat mentolin hienoksi jauheeksi ja hiersivät emulsiovoiteen kanssa geometrisen sarjan mukaisesti. Lietevoiteeseen lisättiin vielä muutama pisara eteerisiä öljyjä ja sitten se pakattiin voidetuubiin ja etiketoitiin.

Lääkevoiteen valmistuksen jälkeen opiskelijoille jaettiin tutkimuslomakkeet ja ohjeistettiin niiden täyttämistä. Kokeelliseen työhön ja tutkimuslomakkeen täyttämiseen oli varattu aikaa noin 135 minuuttia, josta 15-20 minuuttia tutkimuslomakkeelle.

### 5.3 ensimmäisen tapaustutkimuksen tulokset

Tapaustutkimuksessa 7.11.2017 kerätyt vastaukset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä (Ks. Luku 3.1.2). Tutkimuksen analyysirunkona käytettiin samaa runkoa, kuin pilottitutkimuksessa. Analyysirunko on esitetty luvun 4.8 taulukossa 4.4. Analyysin tulokset on esitetty tässä osioittain aloittaen kyselylomakkeen mukaisessa järjestyksessä (Ks. Liite 4)

#### **Henkilökohtainen relevanssi**

Henkilökohtaista relevanssin tasoa eli kokiko opiskelijat opiskeltavan asian itselleen tärkeäksi tai merkitykselliseksi joko tässä hetkessä tai myöhemmin tulevaisuudessa, tutkittiin kyselylomakkeen ensimmäisessä osiossa. Pilottitutkimuksen perusteella henkilökohtaisen relevanssin osion kysymykset ymmärrettiin hyvin ja kysymykset mittasivat haluttua asiaa, eli oppilastyön henkilökohtaista relevanssia opiskelijoille.

Opiskelijoiden vastaukset henkilökohtaista relevanssia kartoittaviin kysymyksiin:

1. Mitä hyötyä koet saaneesi tästä työstä
2. Mitkä työn osiot olivat mielestäsi hyödyllisimpiä ja miksi
3. Mitä sellaisia tietoja tai taitoja opit, joiden oletat olevan sinulle hyödyllisiä tulevaisuudessa

on tiivistetty taulukkoon 5.1. Vastausten analyysissä kaikkien kolmen kysymyksen vastauksista nostettiin esille ne, jotka kertoivat työn henkilökohtaisesta relevanssista opiskelijalle. Mikäli vastauksesta ei voitu päätellä kokiko vastaaja työn henkilökohtaisella tasolla relevantiksi vai ei, esimerkiksi vastaaja on vastannut toiseen kysymykseen kuin mikä oli kysytty, vastaus jätettiin huomiotta. Vastauksia analysoitaessa havaittiin, että vastaajat olivat pääosin maininneet samat asiat kaikkien kolmen esitetyn kysymyksen vastauksissa. Tästä johtuen oppimateriaalin henkilökohtaista relevanssia mittaavien kysymysten vastauksia ei ole avattu kysymyksittäin, vaan ne tiivistettiin yhdeksi materiaaliksi.

Vastaukset jaoteltiin neljään luokkaan. Luokkaan 1 jaoteltiin vastaukset, joiden mukaan opiskelija koki oppimateriaalin itselleen henkilökohtaisella tasolla relevantiksi nykyhetkellä.

Luokan 2 muodostavat vastaukset, joissa opiskelija koki oppimateriaalin avulla saavutetut tiedot, taidot tai ominaisuudet henkilökohtaisesti relevantiksi tulevaisuudessa. Luokan 3 muodostavat vastaukset, jotka täyttävät sekä luokan 1 että luokan 2 ehdot. Luokkaan 4 kuuluvat vastaukset, joiden perusteella opiskelija ei koe oppimateriaalia henkilökohtaisesti relevantiksi, eikä saavuttanut oppilastyön aikana henkilökohtaisen relevanssin tasoa.

Teorialähtöisen sisällönanalyysin perusteella osa opiskelijat jakautuivat kolmeen ryhmään.

1. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin avulla saavutetut tiedot, taidot tai ominaisuudet henkilökohtaisesti relevanteiksi tulevaisuudessa.
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin avulla saavutetut tiedot, taidot tai ominaisuudet henkilökohtaisesti relevanteiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä henkilökohtaisesti relevantiksi.

*Taulukko 5.1 Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen henkilökohtaista relevanssia kartoittavaan osioon. Vastaukset on jaoteltu sen mukaan, onko oppimateriaali koettu relevantiksi nyt, tulevaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan.*

1. Henkilökohtaisesti relevantti nykyhetkellä	2. Henkilökohtaisesti relevantti tulevaisuudessa	3. Henkilökohtaisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa	4. Henkilökohtaisen relevanssin tasoa ei saavutettu
Lisää motivaatiota ja mielenkiintoa opiskeluun. (Vastaaja, 2)	Innostuin lääkkeiden valmistuksesta ja tutkijan työstä. (Vastaaja, 1)	Opin kärsivällisyyttä ja sääntöjen noudattamista (Vastaaja, 1)	En saanut työstä mitään erityistä. (Vastaaja, 8)
	Emulsion teoriasta voi olla hyötyä yo-kokeissa. (Vastaaja, 6)	Työ oli hyvin motivoiva alaa kohti. Tärkeää harjoitusta kokeellisesta työskentelystä. (Vastaaja, 3)	
	Opin huolellisuutta. (Vastaaja, 5)	Tiedän nyt paremmin, mitä käyttämäni aineet sisältävät. (Vastaaja, 4)	
Opin soveltamaan teoriaa käytäntöön (vastaaja, 5)	Opin yleisiä asioita laboratoriossa työskentelystä (Vastaaja, 7)	Opin monia uusia asioita kemiasta. Emulsiot, emulgaattorit ja tärkeimpänä sain käytännönkokemusta laboratoriotyöskentelystä. (Vastaaja, 5)	Opin noudattamaan työohjetta (Vastaaja, 9)
	Kaikki oli hyödyllistä kemian yllpäreitä varten (Vastaaja, 2)		

## Yhteiskunnallinen relevanssi

Kyselylomakkeen toinen osio kartoitti, kokevatko opiskelijat oppimateriaalin heidän itsensä kannalta yhteiskunnallisesti relevantiksi. Toisin sanoen kartoitettiin, auttaako oppilastyö opiskelijaa toimimaan yhteiskunnan jäsenenä, löytämään oman paikkansa yhteiskunnassa, ymmärtämään kemian merkitystä yhteiskunnalle ja lääketieteellisyydelle.

Oppimateriaalin yhteiskunnallista relevanssia opiskelijoiden näkökulmasta kartoitettiin seuraavilla kysymyksillä:

1. Miten työ vaikutti näkemykseen kemian merkityksestä yhteiskunnassa?
2. Vaikuttiko työ siihen, miten arvostat kemian alaa?

Kysymysten vastaukset jaoteltiin luokkiin analyysirungon (ks. Taulukko 4.4) mukaisesti. Luokkaan 1 jaoteltiin vastaukset, joiden perusteella opiskelija kokee oppimateriaalin yhteiskunnallisesti relevantiksi nykyhetkellä. Luokka 2 koostuu vastauksista, joiden perusteella opiskelija kokee oppimateriaalin yhteiskunnallisesti relevantiksi tulevaisuudessa. Luokka 3 koostuu vastauksista, jotka täyttävät sekä luokan 1 että luokan 2 ehdot. Luokkaan 4 jaoteltiin vastaukset, joiden perusteella opiskelija ei koe oppimateriaalia yhteiskunnallisesti relevantiksi. Luokitellut vastaukset on esitetty taulukossa 5.2.

Teorialähtöisen sisällönanalyysin perusteella osa opiskelijat jakautuivat kolmeen ryhmään.

1. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä yhteiskunnallisesti relevantiksi
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön yhteiskunnallisesti relevantiksi tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön yhteiskunnallisesti relevantiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

*Taulukko 5.2 Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen yhteiskunnallinen relevanssi -osioon. Vastaukset on luokiteltu sen mukaan, kokiko opiskelija oppimateriaalin yhteiskunnallisesti relevantiksi nyt, tulevaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan.*

1. Yhteiskunnallisesti relevantti nykyhetkellä		2. Yhteiskunnallisesti relevantti tulevaisuudessa		3. yhteiskunnallisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa		4. Yhteiskunnallisen relevanssin tasoa ei saavutettu	
Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2
En tiennyt, että apteekissa valmistetaan lääkkeitä (Vastaaja, 7)	Positiivisesti, innosti kemiaan. (Vastaaja, 1)			Opin että kemiaa on kaikkialla (Vastaaja, 1)	Arvostan kemiaa nyt enemmän (Vastaaja,2)	Ei mitenkään (Vastaaja, 3)	Ei vaikuttanut (Vastaaja, 5)
	Kyllä, farmasian aivopesu osui (Vastaaja, 3)			Hahmotin nyt vasta, miten suuri merkitys kemialla on. (Vastaaja, 4)	Vaikutti, vaikka arvostin kemiaa jo valmiiksi (Vastaaja,4)	Työ ei muuttanut käsitystäni. (Vastaaja, 5)	Ei vaikuttanut (Vastaaja, 6)
					Kyllä, koska siinä vaaditaan paljon työtä (Vastaaja, 9)	Ei vaikuttanut (Vastaaja, 6)	Ei vaikuttanut (Vastaaja, 7)
						Ei vaikuttanut (Vastaaja, 8)	Ei vaikuttanut (Vastaaja, 8)

### **Ammatillinen relevanssi**

Viimeisessä osiossa kartoitettiin kokevatko opiskelijat oppimateriaalin ammatillisesti itselleen relevantiksi nykyhetkellä tai tulevaisuudessa. Ammatillisella relevanssilla tarkoitetaan, että opiskelija saa apua ammatin tai opiskelupaikan valinnassa tai työnsä harjoittamisessa nykyhetkellä tai tulevaisuudessa (Stuckey et al.2013)

Pilottitutkimuksessa ammatillista relevanssia mitattiin kolmella kysymyksellä, mutta yksi niistä paljastui mittaavan ammatillisen relevanssin sijaan henkilökohtaista relevanssia, joten se kysymys poistettiin kyselylomakkeesta. Tässä tapaustutkimuksessa ammatillista relevanssia kartoitettiin seuraavilla kahdella kysymyksellä:

1. Miten työ vaikutti käsitykseen kemian tietämystä hyödyntävistä ammateista?
2. Voisiko tämän tyylliset työt vaikuttaa ammatinvalintaan?

Kysymysten vastaukset jaoteltiin luokkiin analyysirungon (ks. Taulukko 4.4) mukaisesti. Luokkaan 1 jaoteltiin vastaukset, joiden perusteella opiskelija kokee oppimateriaalin



ammattillisesti relevantiksi nykyhetkellä. Luokka 2 koostuu vastauksista, joiden perusteella opiskelija kokee oppimateriaalin ammatillisesti relevantiksi tulevaisuudessa. Luokka 3 koostuu vastauksista, jotka täyttävät sekä luokan 1 että luokan 2 ehdot. Luokkaan 4 jaoteltiin vastukset, joiden perusteella opiskelija ei koe oppimateriaalia ammatillisesti relevantiksi. Luokitellut vastaukset on esitetty taulukossa 5.3.

Teorialähtöisen sisällönanalyysin perusteella osa opiskelijat jakautuivat kolmeen ryhmään.

1. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä ammatillisesti relevantiksi
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevanteiksi tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevantiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

*Taulukko 5.3 Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen ammatillinen relevanssi -osioon.*

*Vastaukset on luokiteltu sen mukaan, kokiko opiskelija oppimateriaalin ammatillisesti relevantiksi nyt, tulevaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan.*

1. Ammatillisesti relevantti nykyhetkellä		2. Ammatillisesti relevantti tulevaisuudessa		3. Ammatillisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa		4. Ammatillista relevanssin tasoa ei saavutettu	
Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2
		Kemian taitoja tarvitaan esimerkiksi tutkijan ammatissa (Vastaaja, 2)	Kyllä (Vastaaja, 1,3 ja 5)	Laajensi tietämystäni farmaseutin ammatista. (Vastaaja, 3)		Ei vaikuttanut (Vastaaja, 7)	Ei (Vastaaja, 6)
			Kyllä, tällaiset työt voivat näyttää työn mielenkiintoisen puolen. (Vastaaja, 2)	Tajusin, kuinka monella alalla kemian tietämystä vaaditaan. (Vastaaja 4)			Ei hirveästi (Vastaaja, 7)
			Kyllä, tärkeää työtä tulevaisuuden kannalta (Vastaaja, 4)	Sain jonkin verran tietoa farmaseutin ammatista (Vastaaja 5 ja 6)			En suuntaudu lääkealalle (Vastaaja, 8)

Teorialähtöisen sisällönanalyysin perusteella osa opiskelijat jakautuivat kolmeen ryhmään.

1. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä ammatillisesti relevantiksi
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevanteiksi tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevantiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

### **Yhteenveto**

Ensimmäisessä tapaustutkimuksessa opiskelijat jakautuivat kaikissa kolmessa tutkittavassa relevanssin tasossa kolmeen ryhmään: Opiskelijoihin, jotka eivät kokeneet työtä relevantiksi, opiskelijoihin jotka kokivat työn relevantiksi joko nykyhetkellä tai tulevaisuudessa sekä opiskelijoihin, jotka kokivat työn relevanteiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

Osa opiskelijoista ei saavuttanut yhtään relevanssiteorian tasoa ja osa saavutti kaikki kolme. Jotkut saavuttivat myös yhden tai kaksi kolmesta relevanssin tasosta. Etenkin ammatillisen ja yhteiskunnallisen relevanssin saavuttamisessa oli suuri jakauma opiskelijoiden välillä.

## 6. III kehittämissykli

Kolmannessa ja viimeisessä tämän tutkimuksen kehittämissyklissä verrattiin ensimmäisen tapaustutkimuksen tuloksia tutkimuksen tavoitteisiin. Tämän perusteella koostettiin kehittämistuotos 3, joka arvioitiin toisessa tapaustutkimuksessa.

### 6.1 Empiirinen ongelma-analyysi 3

Kehittämistuotos 2 arvioitiin tapaustutkimuksessa 7.11. sen ja relevantin oppimateriaalin suunnitteluun ohjeistavan teorian (Holbrook, 2005) avulla luotiin kehittämistuotos 3, joka on kuvattu alaluvussa 6.1.1.

#### 6.1.1 Kehittämistuotos 3

7.11.2017 järjestetyn tapaustutkimusten tulosten perusteella opiskelijat eivät kokeneet oppimateriaalia ammatillisesti ja yhteiskunnallisesti relevantiksi.

Holbrook (2005) esittää artikkelissaan, että relevantilla kemian opetusmateriaalilla tulee olla muun muassa seuraavat ominaisuudet:

- Oppilaita kiehtova otsikko, joka on esitetty mielellään kysymysmuodossa. Kysymysmuodossa esitetty otsikko saa oppilaan ajatusprosessin käynnistymään jo ennen varsinaiseen oppimateriaaliin tutustumista.
- Työllä tulee olla hyvä johdanto. Työn tulee alkaa johdannolla, jossa kerrataan opiskelijoiden jo tuntemia asioita ja pikkuhiljaa siirrytään kohti opiskelijoille uusia ilmiöitä ja käsitteitä.
- Opetusmateriaalin kontekstin täytyy olla aito ja siihen täytyy sisältyä jokin pulma tai yhteiskunnallinen ongelma (kuten ympäristökysymykset). Mitä henkilökohtaisempi konteksti on, sitä relevantimmalta se opiskelijasta tuntuu.

Kehittämistuotosta 2, muokattiin näiden Holbrookin (2005), artikkelissaan luettelemien relevantin oppimateriaalin ominaisuuksien mukaan. Näiden muokkausten tavoitteena on tehdä oppimateriaalista opiskelijoille relevantimpi. Kehittämistuotokseen tehtiin seuraavat muutokset:

- Työn otsikkoa muutettiin. Uusi otsikko: Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistuksessa

- Työohjeen ennakotehtäviin lisättiin lyhyet emulsionvalmistus demonstraatio tai oppilastyö, jotta emulsiot eivät olisi oppilaille aivan uusi käsite virittäytymistehtävään siirryttäessä.
1. *Kokeile kotona tai tehkää demonstraationa koulussa: Laita kahteen lasiin ruokaöljyä (1/4 dl) ja etikkaa tai vettä (1/2 dl). Lisää toiseen lasiin kananmunan keltuainen. Vatkaa kummankin lasin sisältö sekaisin vispilällä. Mitä havaitset? Selitä havaintosi.*
- Työohjeen virittäytymistarinoita muutettiin kielellisesti selkeämmiksi ja yritettiin korostaa kemian merkitystä lääkealalla.

Kehittämistuotos 3, on liitteenä 8.

## 6.2 Toinen tapaustutkimus

Toinen tapaustutkimus järjestettiin 20.12.2017 Helsingin Yliopiston Kemianluokka Gadolinissa. Tutkimukseen osallistui 8 lukiolaista pääkaupunkiseudulta. Toisessa tapaustutkimuksessa arvioitiin yllä esitelty kehittämistuotos 3.

Tapaustutkimus toteutettiin samalla tavalla, kuin alaluvussa 5.2. Ennakotehtävät ja virittäytymistehtävät oli taas jaettu opiskelijoille viikkoa etukäteen, jotta he pystyvät tekemään tehtävät itsenäisesti etukäteen. Erona ensimmäiseen tapaustutkimukseen oli, että ennakotehtäviä oli muokattu, kuten alaluvussa 6.1.1 on kuvattu.

Emulsiovoiteen ja lietevoiteen valmistamisen jälkeen opiskelijoille jaettiin samat tutkimuslomakkeet, kuin ensimmäisessä tapaustutkimuksessa ja ohjeistettiin niiden täyttäminen. Aikaa kokeelliselle työlle ja tutkimuslomakkeiden täyttämiseksi oli tällä kertaa varattu 120 minuuttia, josta 15 minuuttia tutkimuslomakkeiden täyttämiseksi.

## 6.3 Toisen tapaustutkimuksen tulokset

Toisessa tapaustutkimuksessa kerätty aineisto analysoitiin samalla menetelmällä, kuin ensimmäisessä tapaustutkimuksessa kerätty aineisto. Analyysimenetelmänä käytettiin teorialähtöistä sisällönanalyysia (ks. Luku 4.1.2). Analyysirunkona käytettiin pilottitutkimusta varten kehitettyä analyysirunkoa, joka on esitetty kappaleessa 4.8 taulukossa 4.4.

Tapaustutkimuksen tulokset esitellään samassa järjestyksessä, kuin kyselylomakkeen osiot.

## Henkilökohtainen relevanssi

Henkilökohtaista relevanssia käsittelevien kysymysten analysointi tehtiin samalla tapaa, kuin ensimmäisessä tapaustutkimuksessa. Opiskelijoiden vastaukset on tiivistetty ja luokiteltu taulukkoon 6.1.

Teorialähtöisen sisällönanalyysin perusteella, opiskelijat voitiin jakaa kolmeen ryhmään.

1. Opiskelijat, jotka kokivat oppimateriaalin relevantiksi nykyhetkellä
2. Opiskelijat, jotka kokivat oppimateriaalin relevantiksi tulevaisuudessa
3. Opiskelijat, jotka kokivat oppimateriaalin relevantiksi sekä nykyhetkellä että tulevaisuudessa.

*Taulukko 6.1. Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen henkilökohtaista relevanssia kartoittavaan osioon. Vastaukset on jaoteltu sen mukaan, onko oppimateriaali koettu relevantiksi nyt, tulevaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan.*

1. Henkilökohtaisesti relevantti nykyhetkellä	2. Henkilökohtaisesti relevantti tulevaisuudessa	3. Henkilökohtaisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa	4. Henkilökohtaisen relevanssin tasoa ei saavutettu
Sain konkreettista kemian ymmärrystä (Vastaaja, 5)	Opin, miten voin hyödyntää emulsiota (Vastaaja, 3)	Opetti näkemään, miten ja miksi emulsio muodostuu. Keittiössä tulee olemaan hyötyä emulsion ymmärtämisestä. (Vastaaja, 2)	
Työ oli mielenkiintoinen ja opin paremmin emulsion käsitteen (Vastaaja, 7)	Sain esimakua farmaseutin ammatista (Vastaaja, 6)	Opin toimimaan kemian laboratoriossa (Vastaaja, 4)	
	Opin kunnollista työhöjeiden seuraamista ja emulsioiden kemiaa (Vastaaja, 8)		
	Opin, miten voide vaikuttaa (Vastaaja, 1)		

## Yhteiskunnallinen relevanssi

Yhteiskunnallista relevanssia käsittelevien kysymysten vastaukset analysoitiin samalla tavalla, kuin ensimmäisessä tapaustutkimuksessa. Opiskelijoiden vastaukset on jaoteltu ja tiivistetty taulukkoon 6.2.

Teorialähtösein sisällönanalyysin avulla opiskelijat voidaan jakaa vastausten mukaan kolmeen ryhmään. Nämä ryhmät ovat samat, kuin ensimmäisen tapaustutkimuksen tuloksissa.

1. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä yhteiskunnallisesti relevantiksi
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön yhteiskunnallisesti relevanteiksi tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön yhteiskunnallisesti relevantiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

*Taulukko 6.2 Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen yhteiskunnallinen relevanssi -osioon. Vastaukset on luokiteltu sen mukaan, kokiko opiskelija oppimateriaalin yhteiskunnallisesti relevantiksi nyt, tulvaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan.*

1. Yhteiskunnallisesti relevantti nykyhetkellä		2. Yhteiskunnallisesti relevantti tulevaisuudessa		3. yhteiskunnallisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa		4. Yhteiskunnallisen relevanssin tasoa ei saavutettu	
Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2	Kysymys 1	Kysymys 2
		Työ auttoi ymmärtämään tarkemmin, mitä kaikkea voi opiskella. (vastaaja, 4)		Kemia on tärkeää, sen avulla pystytään auttamaan ihmisiä (vastaaja, 3)	Työ vahvisti arvostustani kemiaa kohtaan (vastaaja, 2)	Ei vaikuttanut. (vastaaja, 1, 5, 7 ja 8)	Ei vaikuttanut (vastaaja, 4, 7 ja 8)
					Olen aina arvostanut kemian alaa, mutta se arvostus on ollut piilossa. Tämä työ toi minut lähemmäksi kemian alaa. (vastaaja, 6)	Tiesin jo, että kemia on hyvin tärkeää. (vastaaja, 2)	

## **Ammatillinen relevanssi**

Kaikki paitsi kaksi toiseen tapaustutkimukseen osallistuneista opiskelijoista ei vastanneet kysymykseen, miten työ vaikutti käsitykseen kemian tietämystä hyödyntävistä ammateista. Tyhjiä vastauksia ei jätetty, mutta vastaukset menivät kysymyksen aiheen ohi. Tästä syystä kaikki nämä kuusi kysymyksen ohi mennyttä vastausta laskettiin kuuluviksi luokkaan 4: ammatillisen relevanssin tasoa ei saavutettu.

Kaksi vastaajaa vastasi kysymykseen. He kertoivat oppineensa jotain hyödyllistä farmaseutin ammatista. Nämä kaksi vastausta luokiteltiin luokkaan 2: ammatillisesti relevantti tulevaisuudessa.

Toisen ammatillista relevanssia kartoittavan kysymyksen vastaukset luokiteltiin, kuten ensimmäisessä tapaustutkimuksessa. Luokitellut vastaukset on esitetty taulukossa 6.3.

*Taulukko 6.3 Opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeen ammatillinen relevanssi -osioon. Vastaukset on luokiteltu sen mukaan, kokiko opiskelija oppimateriaalin ammatillisesti relevantiksi nyt, tulevaisuudessa, nyt ja tulevaisuudessa vai ei lainkaan*

<b>1. Ammatillisesti relevantti nykyhetkellä</b>	<b>2. Ammatillisesti relevantti tulevaisuudessa</b>	<b>3. Ammatillisesti relevantti nyt ja tulevaisuudessa</b>	<b>4. Ammatillista relevanssin tasoa ei saavutettu</b>
	Kyllä, jos en olisi valintaani jo tehnyt (Vastaaja, 4)	Kyllä voi vaikuttaa (Vastaaja, 2, 3 7 ja 8)	Ehkä (Vastaaja, 1)
	Olen tehnyt jo valintani mutta tulen huomioimaan halun tehdä asiat itse. (Vastaaja, 5)		
	Erittäinkin mahdollisesti (Vastaaja, 6)		

Teorialähtöisen sisällönanalyysin pohjalta opiskelijat voitiin jakaa kolmeen ryhmään:

1. Opiskelijat eivät koe oppimateriaalia tai oppilastyötä ammatillisesti relevantiksi
2. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevanteiksi tulevaisuudessa.
3. Opiskelijat kokevat oppimateriaalin tai oppilastyön ammatillisesti relevantiksi nykyhetkellä ja tulevaisuudessa.

Muodostuneet ryhmät ovat samat, kuin ensimmäisen tapaustutkimuksen analyysin tuloksena muodostetut ryhmät.

### **Yhteenveto**

Toisessa tapaustutkimuksessa arvioitiin kehittämistuotoksen kolmatta versiota. Tavoitteena oli kehittää relevantti tutkimuksellinen oppilastyö.

Tutkimuksen tulosten perusteella kaikki opiskelijat saavuttivat henkilökohtaisen relevanssin tason ainakin toisessa relevanssiteorian aikaulottuvuudessa eli nykyhetkellä tai tulevaisuudessa.

Opiskelijat eivät kokeneet oppilastyötä yhteiskunnallisesti relevantiksi. Suurin osa ei tapaustutkimuksen perusteella kokenut työtä yhteiskunnallisesti relevantiksi nykyhetkellä eikä tulevaisuudessa.

Oppimateriaalin ammatillista relevanssia opiskelijoille oli vaikea arvioida, sillä suurin osa tapaustutkimukseen osallistujista vastasi ohi aiheesta ensimmäisen ammatillista relevanssia kartoittaneen kysymyksen kohdalla. Toisen kysymyksen kohdalla suurin osa koki työn ammatillisesti relevantiksi ja yksi oli epävarma kannastaan.

## **6.4 Kehittämistuotoksen jatkokehittäminen**

Tapaustutkimusten tulosten pohjalta oppimateriaalia tulisi kehittää enemmän yhteiskunnallisesti ja ammatillisesti relevantiksi opiskelijoille. Tätä varten palattiin teoreettiseen ongelma-analyysiin.

Yhteiskunnallisesti relevantin kemian opetuksen tulisi tarjota opiskelijoille tarvittavia tietoja ja taitoja, joiden avulla heistä tulee aktiivisia yhteiskunnan jäseniä, jotka ymmärtävät kemiaan liittyvien yhteiskunnallisten kysymysten ja ongelmien perustan ja osaavat ottaa



niihin kantaa (Hofstein, Eilks, & Bybee, 2011). Tämä on mahdollista vain harjoittelemalla argumentointia, kannan ottamista, tiedonhakua ja tiedon luotettavuuden arviointia koulumaailmassa. (Sjöström, Rauch ja Eilks 2015)

Sjöström et al. (2015), ehdottavat, että kestävä kehityksen näkökulman tuominen mukaan kemian opetukseen, tekee opetuksesta yhteiskunnallisesti relevantimpaa opiskelijoille. Kestävä kehitys ja ympäristökysymykset ovat nykyaikana säännöllisesti uutisissa ja yleisenä puheenaiheena, mutta se tulisi aktiivisesti integroida myös kemian opetukseen. (Sjöström et al. 2015)

Yhteiskunnallisen relevanssin tason saavuttamiseksi oppilastyöhön lisättiin ryhmätehtäväosio, jonka teema on lääkejätteet. Apteekkariliiton suorittaman tutkimuksen mukaan lääkejätettä syntyy Suomessa pelkästään kotitalouksissa noin 500 000 kiloa. Rahassa tämä määrä lääkejätettä vastaa noin 95–125 miljoonaa euroa. 67 % tästä summasta maksaa yhteiskunta. Lääkejäte on siis merkittävä menoerä yhteiskunnalle. (Elo, 2016)

Ryhmätehtävässä opiskelijoiden tulee pohtia, miten lääkejäte Suomessa hävitetään. Miksi lääkejätettä syntyy näin paljon sekä miten lääkejätteen määrää voisi vähentää.

Oppilastyön ammatillista relevanssia pyrittiin parantamaan muokkaamalla ennakotehtäviä. Tehtävä, jossa opiskelijoiden tuli selittää emulsioisen syntymekanismia korvattiin tehtävällä, jossa opiskelijoiden tulee ottaa selvää neljästä lääkealalla toimivasta ammattiryhmästä, jotka tarvitsevat kemian tietämystä ammattinsa harjoittamiseen.

## 6.5 Kehittämistuotos 4

Toisen tapaustutkimuksen ja relevantin kemian opetuksen teorian pohjalta kehittämistuotosta muokattiin opiskelijoille tutkimuksen tavoitteiden suuntaisesti, eli opiskelijoille relevantimpaan muotoon. Kehittämistuotokseen tehdyt muutokset on esitelty sekä perusteltu kappaleessa 6.4. Kehittämistuotos 4, on kokonaisuudessaan liitteenä 9. Kehittämistuotos 4:stä tehtiin myös opettajanversio, jossa on esitetty vastausehdotuksia oppimateriaalin tehtäviin, sekä selitetty emulsioiden teoriapohjaa tarkemmin (Liite 10)

Kehittämistuotoksen lopulliseksi rakenteeksi muodostui kolmiosainen oppimateriaali lääkekemian kontekstissa. Oppimateriaalin osat ovat:

1. Ennakotehtävät ja oppilastyöhön virittäytyminen

2. Kokeellinen oppilastyö: lääkevoiteen valmistus
3. Ryhmätehtävä lääkejätteistä

Ennakkotehtävissä opiskelijan on tarkoitus muistuttaa mieleensä emulsion sekä emulgaattorin käsitteet. Lisäksi opiskelija tutustuu lääkealalla toimiviin ammattiryhmiin itsenäisesti.

Virittäytymistehtävässä valmistaudutaan laboratoriotyöhön aktivoivan tarinan kautta. Tarinassa opiskelijan tulee kuvitella olevansa apteekin työharjoittelija, jonka tulee valmistaa flunssavoide. Opiskelija joutuu näin käymään voiteenvalmistuksen tarinan avulla teoriassa läpi jo ennen laboratorioon tuloa. Lisäksi tarinan sisällä on tehtäviä, jotka opiskelijan tulee ratkaista ennen laboratoriotyötä. Näissä tehtävissä opiskelija ratkaisee ennalta ongelmia, joita yleensä ilmenee emulsiovoiteen valmistuksen aikana laboratoriossa.

Kokeellisessa oppilastyössä opiskelijat valmistavat ensin emulsiovoiteen, josta he muokkaavat tukkoisuutta hoitavan flunssavoiteen liettämällä emulsioon mentolia ja eteerisiä öljyjä.

Ryhmätehtävässä opiskelijat perehtyvät lääkejätteiden hävitykseen ja lääkejätteen yhteiskunnalliseen merkitykseen ryhmässä suoritettavien tiedonhaku- ja pohdintatehtävien avulla.

## 7. Johtopäätökset ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Tässä kappaleessa esitellään tutkimuksen johtopäätökset tutkimuskysymyksiin 1-3 sekä tarkastellaan tämän kehittämistutkimuksen luotettavuutta. Luvun lopussa, alaluvussa 7.5 pohditaan tehdyn tutkimuksen merkitystä ja jatkotutkimusmahdollisuuksia.

### 7.1 Lääkekemia-aiheisten oppilastöiden tarve

Tässä luvussa esitellään johtopäätökset liittyen tutkimuskysymykseen 1:

*Minkälainen tarve nykyhetkellä on lääkekemian kontekstiin pohjautuvilla oppilastöillä?*

Tutkimuskysymykseen 1 etsittiin vastausta empiirisellä ongelma-analyysillä, jossa kartoitettiin, miten paljon lääkekemian kontekstiin pohjautuvia oppilastyöohjeita löytyy lukion kemian oppikirjoista sekä miten relevanttina lukion opiskelijat kokevat lääkekemia-aiheiset oppimateriaalit.

Miten relevantiksi lukiolaiset kokevat lääkekemia-aiheiset oppimateriaalit selvitettiin kyselytutkimuksella keväällä 2017 (ks. luku 4.2). Tutkimuksen perusteella opiskelijat kokevat lääkekemian hyvin mielenkiintoiseksi kemian osa-alueeksi, mutta sitä ei tutkimukseen osallistujien mukaan käsitellä tarpeeksi lukion kemian kursseilla. Opiskelijat edellyttivät lääkekemia-aiheisen oppimateriaalin kuitenkin täyttävän seuraavat kolme edellytystä ollakseen relevantti heidän näkökulmastaan:

- 1) Oppimateriaali tarjoaa heille sellaista tietoa, josta voisi olla hyötyä ylioppilaskirjoituksissa tai jatko-opiskelupaikkojen pääsykokeissa.
- 2) Oppimateriaali esittelee kemiaan ja/tai kemian teollisuuteen liittyviä opintopolkuja ja ammattivaihtoehtoja. Opiskelijat toivovat opetuksen auttavan heitä ammatinvalinnassa.
- 3) Oppimateriaali tarjoaa tietoa lääkkeiden vaikutuksesta ihmiseen ja lääketeollisuudesta yleisesti.

Nämä kolme lukiolaisten esille tuomaa edellytystä relevantille oppilastyölle edustavat kaikkia kolmea Stuckey et al. (2013) esittämää relevanssin tasoa. Opiskelijat siis itse toivovat opetuksen olevan relevanttia näillä kaikilla kolmella tasolla.

Kyselytutkimuksen jälkeen suoritettiin oppikirja-analyysi (ks. luku 4.3), jossa selvitettiin, löytyykö näitä kyselytutkimuksen tuloksena saatuja kolmea ehtoa täyttäviä lääkekemia-aiheisiä oppilastöitä tai muuta oppimateriaalia lukion kemian kirjasarjoista.

Oppikirja-analyysin perusteella lääkekemia on suosittu konteksti laskutehtävissä, mutta oppilastöitä ja demonstraatioita löytyy hyvin vähän. Lääkekemia-aiheiset tehtävät ja leipäteksti eivät täyttäneet kolmea kyselytutkimuksessa asetettua relevanssin ehtoa lääkekemia-aiheiselle oppimateriaalille. Oppilastöiden kohdalla ehtojen täyttyminen jää opettajan vastuulle, sillä oppimateriaalissa on kuvattu vain lääkeaineen valmistusprosessi. Tämä voi täyttää ehdon 1, mutta ehtojen 2 ja 3 täyttymiseen vaaditaan, että opettaja ottaa oppilastyön aikana itse esille lääkealaan ja kemiaan liittyvät ammatit, lääketeollisuuden näkökulman sekä lääkkeen kemialliset vaikutukset ihmisessä.

Myös oppilaiden relevanssia kartoittavissa ROSE-projektin kyselytutkimuksissa on havaittu tarve relevanteille kemian ja muiden luonnontieteiden oppimateriaaleille. Tutkimuksen mukaan opiskelijat eivät koe kemiaa mielenkiintoisena oppiaineena, sillä se ei ole heille käytännöllinen tai muutoin relevantti aine. Relevanttia opetusta tukevien oppimateriaalien avulla opettajien olisi helpompi nostaa oppituntiansa relevanssia (Lavonen et al., 2008; Sjøberg & Schreiner, 2005).

Kyselytutkimuksen, oppikirja-analyysin sekä aiemman tutkimustiedon perusteella voidaan päätellä lääkekemia-aiheiselle relevantille oppilastyölle tai muulle oppimateriaalille olevan tarvetta.

## 7.2 Relevantin oppilastyön suunnittelu

Tässä luvussa esitetään johtopäätökset tutkimuskysymykseen 2:

*Mitä seikkoja tulisi ottaa huomioon relevantin tutkimuksellisen ja kokeellisen lääkekemian oppilastyön suunnittelussa?*

Vastausta tutkimuskysymykseen 2 haettiin teoreettisesta ongelma-analyysistä sekä empiirisistä ongelma-analyyseistä.

Teoreettisen ongelma-analyysin perusteella kontekstuaalisen opetuksen tulee sijoittua kontekstiin, joka on oppilaille arkielämästä tuttu. Konteksti tulee olla mahdollisimman aito ja todenmukainen. Kontekstuaalista opetusta suunnitellessa tulee ottaa huomioon ne oppilaat, joiden oppimistulos saattaa kärsiä rutiinien muutoksesta siirryttäessä perinteisestä opetuksesta kontekstuaaliseen opetukseen. (Gilbert, 2006; Kingin & Ritchien 2012)

Kokeellisia opetusmenetelmiä käytettäessä tulisi aina tarkistaa, että opetus on suunniteltu tarkoituksenmukaiseksi ja että opetuksella on selkeät päämäärät ja tavoitteet. Kokeellinen

työskentely vie enemmän aikaa ja resursseja, kuin ei-kokeelliset työskentelytavat. Kokeellinen opetustapa epäonnistuessaan vie vain aikaa sekä resursseja ja siksi kokeellisen opetuksen tulee olla tarkoituksen mukaista ja sen tavoitteiden tulee olla selkeät. (Hodson, 1993; Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007)

Tutkimuksellinen opetus tulee suunnitella opiskelijoiden tason mukaisesti. Jos opiskelijat eivät ole aiemmin harjoittaneet tutkimuksen taitoja, heidän kanssaan tulee aloittaa suljetummista tutkimuksellisuuden tasoista ja siirtyä tutkimuksen taitojen kehittyessä kohti avoimempaa tutkimuksellisuutta. Kun oppimateriaalia suunnitellessa ei tiedetä opiskelijoiden tutkimuksen taitojen tasoa, ei voida käyttää avointa tutkimuksellisuutta, jotta työ soveltuisi kaikille opiskelijaryhmille käytettäväksi. Tästä syystä tähän oppimateriaalin valikoitui ohjattu tutkimuksellisuuden taso. Avoin tutkimuksellisuuden taso olisi kehittävämpi tutkimuksen taitoja harjoittaneille opiskelijoille. Olisikin hyödyllistä tehdä oppimateriaaleista myös avoimemman tutkimustason versio, mutta tämän tutkielman laajuus ei siihen riittäisi. (Banchi & Bell, 2008)

Relevanttia oppilastyötä suunnitellessa tulee ensin olla selvillä, kenen kannalta oppilastyön on tarkoitus olla relevantti (Opiskelija itse, yhteiskunta, opettaja, jokin muu taho) (Eilks et al. 2013). Tämän jälkeen voidaan selvittää, mitkä asiat vaikuttavat tämän tahon relevanssin tunteeseen. Tämä tarkastelu tulee tehdä kaikkien kolmen relevanssiteorian tason ja kahden relevanssiteorian ulottuvuuden kannalta. Relevanssiteorian tasot ovat: Henkilökohtainen, yhteiskunnallinen ja ammatillinen. Ulottuvuudet ovat sisäinen-ulkoinen – relevanssi sekä nykyhetki-tulevaisuus – relevanssi (Stuckey et al. 2013). Tässä tutkielmassa oltiin kiinnostuneita opiskelijoiden kokemasta sisäisestä relevanssista kaikilla kolmella relevanssiteorian tasolla.

### 7.3. Opiskelijoiden näkemys relevantista lääkekemian työstä

Tässä luvussa esitetään johtopäätökset liittyen tutkimuskysymykseen 3:

*Minkälainen on opiskelijoiden mielestä relevantti kokeellinen lääkekemian työ ja millä tasoilla he kokevat lääkekemian kontekstissa toteutetun oppilastyön relevantiksi?*

Opiskelijoiden kokemusta relevantista oppilastyöstä kartoitettiin aluksi ensimmäisen empiirisen ongelma-analyysin kyselytutkimuksessa. Kyselytutkimuksessa kartoitettiin lukiolaisten kokemuksia relevantista lääkekemia-aiheisesta opetuksesta. Tämän kyselytutkimuksen ja teoreettisen ongelma-analyysin teoriakehyksen perustella luotiin kehittämistuotos, jota testattiin kehittämisprosessin kahdessa tapaustutkimuksessa.

Tapaustutkimuksissa kartoitettiin, miten relevantiksi opiskelijat kokevat kehittämistuotoksen sekä millä kaikilla relevanssiteorian tasoilla he kokivat oppimateriaalin relevantiksi. Kunkin tapaustutkimuksen jälkeen kehittämistuotosta pyrittiin opiskelijoiden vastausten sekä relevanssiteorian pohjalta muuttamaan opiskelijoille relevantimpaan muotoon.

Kehittämistuotoksesta saatiin henkilökohtaisella tasolla opiskelijoille relevantti, mutta ammatillista ja yhteiskunnallista relevanssin tasoa ei saavutettu tässä tutkimuksessa.

Henkilökohtaisesti relevantti oppilastyö on tämän tutkimuksen perusteella sellainen, jonka konteksti on opiskelijoille jollain tavalla tuttu jo ennestään, mutta oppilastyössä esitetään siitä uusi näkökulma. Henkilökohtaiseen relevanssiin vaikuttaa myös kontekstin aitous ja mielekkyys sekä kokeellinen työtapaa, jonka moni koki mielekkääksi ja opettavaiseksi. Lisäksi opiskelijat kokivat tärkeänä oppia taitoja, joista on hyötyä joko ylioppilaskirjoituksissa, tulevassa ammatissa tai jatko-opiskelupaikkaa haettaessa.

Hofstein et al. (2013) spekuloi, että mielekkäät työtavat, kuten kokeellisuus, eivät välttämättä lisää oppilaiden mielenkiintoa kemian kohtaan tai paranna heidän oppimistaan. Oppilaat kannattavat mielellään kokeellista työtapaa, koska kokevat sen helpommaksi kuin perinteisen oppitunnin. Pelkällä mielekkäällä työtavalla ei siis voi varmasti luoda relevanttia oppituntia. Tärkeintä on, että opiskelijat kokisivat oppineensa jotain itselleen tärkeää tai hyödyllistä.

Yhteiskunnallisesti relevantin työn tulisi lisätä opiskelijan arvostusta kemian alaa kohtaan, auttaa heitä toimimaan aktiivisina yhteiskunnan jäseninä sekä ohjata heitä ammatinvalinnan kanssa. Tässä tutkimuksessa ei saavutettu yhteiskunnallisen relevanssin tasoa, sillä opiskelijat eivät kokeneet työn lisäävän heidän arvostusta kemian alaa kohtaan, eivätkä he kokeneet oppineensa tietoja tai taitoja, jotka auttavat heitä paremmin toimimaan yhteiskunnan jäseninä.

Ammatillisesti relevantti työ auttaa opiskelijoita ammatinvalinnassa, ammatin harjoittamisessa joko nykyhetkellä tai tulevaisuudessa tai saamaan jatko-opiskelupaikan (Stuckey et al. 2013). Tässä tutkimuksessa ei saavutettu ammatillisen relevanssin tasoa. Moni opiskelija kertoi jo valinneensa tulvaisuuden ammattinsa ja siksi oppilastyö ei vaikuttanut heidän ammatinvalintaansa. Tämän ongelman voisi yrittää kahdella tapaa. Ensimmäinen tapa on teettää oppilastyötä nuoremmilla opiskelijoilla, jotka eivät vielä ole

päättäneet jatko-opiskelupaikkaansa. Toinen tapa on muuttaa oppilastyötä siten, että se esittelisi laajemmin lääkealan työmahdollisuuksia.

Eilks et al. (2013) pohtivat kirjassaan, että mistä voi tietää, että tuleeko jokin asia olemaan opiskelijoille relevanttia tulevaisuudessa. Tätä ei voi tietää, mutta kuitenkin opiskelijoille tulee tarjota faktatiedon lisäksi myös tietoa kemian luonteesta luonnontieteenä, kemian osaamista edellyttävistä ammateista sekä kemian merkityksestä yhteiskunnalle

## 7.4 Tutkimuksen luotettavuustarkastelu

Koska empiirisen ongelma-analyysin 1, kyselytutkimuksen sekä molempien kehittämisprosessin tapaustutkimusten osallistujien määrä oli pieni, ei tämän tutkimuksen tuloksia voida yleistää.

Edelsonin (2002) ehdottaa, että kehittämistutkimuksen luotettavuutta ei tulisi arvioida samoin kuin perinteisiä empiirisiä tutkimuksia. Kehittämistutkimuksen tavoitteet, joista yksi on luoda kontekstuaalista oppimateriaalia, eroavaa perinteisten tutkimusmenetelmien tavoitteista, joten ei ole järkevää käyttää samoja mittareita kahdelle näin erilaiselle tutkimusmenetelmälle. Edelsonin (2002) mukaan kehittämistutkimuksen mittareina voidaan käyttää tutkimuksen yleispätevyyttä ja kykyä vastata alkuperäisiin tarpeisiin. Kehittämistutkimus tulee dokumentoida tarkasti, jotta luotettavuus säilyisi.

Tutkimusaineiston pienuuden vuoksi tätä tutkimusta ei voi pitää yleispätevänä, mutta se vastaa alkuperäiseen tarpeeseen eli lääkekemia-aiheisen oppimateriaalin vähyyteen.

Laadullisen tutkimuksen arvioimiseen ei ole olemassa yksiselitteisiä ohjeita tai käytäntöjä (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Tuomi ja Sarajärvi (2009) ehdottavat että laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa olisi hyvä huomioida ainakin seuraavat seikat:

1. Tutkimuksen kohde ja tarkoitus: Mitä ollaan tutkimassa ja miksi.
2. Tutkijan omat sitoumukset kyseessä olevassa tutkimuksessa: Miksi tutkimus on tutkijan mielestä tärkeä ja mitkä ovat tutkijan oletukset ennen tutkimusta.
3. Aineiston keruu: Miten aineisto on kerätty? Mitkä ovat aineiston keruuseen liittyvät luotettavuuskysymykset?
4. Tutkimuksen tiedonantajat (tässä opiskelijat): Millä perusteella tutkimuksen tiedonantajat on valittu ja montako henkilöä tiedonantajiin kuului.

5. Tutkijan ja tiedonantajien suhde: Miten suhde toimi? Lukivatko tiedonantajat tutkimuksen tulokset ennen julkaisua?
6. Tutkimuksen kesto: Millaisella aikataululla tutkimus on tehty
7. Aineiston analyysi: Miten aineisto analysoitiin ja miten siitä vedettiin johtopäätöksiä
8. Tutkimuksen raportointi: Miten tutkimusaineisto on koottu ja analysoitu.

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia miten relevantiksi lukiolaiset kokevat lääkekemian kontekstissa toteutetun oppilastyön sekä miten koostaa opiskelijoiden mielestä relevantti lääkekemian oppilastyö.

Tiedonantajiksi valikoituivat ensimmäiset vapaaehtoiset oppilasryhmät pääkaupunkiseudulta. Tiedonantajat eivät saaneet tutkimuksen tuloksia nähtäväkseen ennen tutkimuksen julkaisua. Aineiston keräämiseen käytettiin informoitua tapaustutkimusta. Tapaustutkimus ei anna yleistettäviä tuloksia näin pienissä mittakaavassa toteutettuna, mutta sen luotettavuutta olisi voitu parantaa löytämällä pätevä kolmas osapuoli suorittamaan pilottitutkimuksen sisällönanalyysin (Yin, 2002).

Tutkimusaineisto analysoitiin laadullisella sisällönanalyysillä. Laadullisen tutkimuksen yksi suurimmista ongelmista on objektiivisuus. Kyse on siitä, miten paljon tutkijan omat arvot, kokemukset ja oma tulkinta vaikuttaa tulosten käsittelyyn ja kysymysten asetteluun. Tutkimuksen luotettavuutta tarkastellessa on myös huomattava, että sisällönanalyysi on tutkijan henkilökohtainen näkemys aineistosta, sillä analyysimenetelmänä on käytetty laadullista sisällönanalyysiä. (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Tutkimuksen luotettavuuden ja läpinäkyvyyden parantamiseksi suoria lainauksia opiskelijoiden antamista vastauksista on esitetty tutkielmassa mahdollisimman kattavasti. Epäselvissä tapauksissa, joissa tutkijalle ei ole ollut täysin selvää käsitystä, mihin luokkaan jokin vastaus jaotellaan, on pyydetty kolmannen osapuolen mielipidettä.

Tutkielman raportoinnissa on pyritty dokumentoimaan koko toteutettu tutkimus kaikkine vaiheineen mahdollisimman tarkasti, näin on pyritty tekemään tutkimuksesta läpinäkyvä ja mahdollinen toistaa.



## 7.5 Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Tutkimus osoitti, että lääkekemia-aiheiset oppilastyöt voisivat nostaa opiskelijoiden henkilökohtaista relevanssia kemian opetuksessa. Tutkimuksessa havaittiin myös, että lääkekemia-aiheisia oppilastöitä ei juuri löydy lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 mukaisista oppikirjoista, vaikka opiskelijat kokevat lääkkeisiin ja terveyteen liittyvät aiheet ROSE-projektin sekä tämän tutkimuksen mukaan kiinnostaviksi (Lavonen et al. 2008).

Aiheesta olisi mahdollista tehdä useampia jatkotutkimuksia. Tutkimuksen olisi voinut tehdä myös siten, että opiskelijoiden kemian opetusta kohtaan tuntema relevanssi olisi kartoitettu ennen tapaustutkimusta sekä tapaustutkimuksen jälkeen. Näin olisi saatu tarkempaa tietoa siitä, miten oppimateriaali muutti opiskelijoiden relevanssin tunnetta.

Erityisen hyödyllistä olisi tehdä vertaileva tutkimus, jossa kahden tai useamman opiskelijaryhmän kemian opetusta kohtaan tuntema relevanssin kehitystä tutkittaisiin. Puolet opiskelijoista opiskelisi kemian käsitteitä perinteisillä opetusmenetelmillä ja puolet lääkekemian kontekstissa tutkimuksellisilla opetusmenetelmillä. Näiden ryhmien kemian opetusta kohtaan tuntema relevanssin vertailu voisi antaa konkreettisempia tuloksia, kuin mihin pystytään pro gradu –tutkielman mittakaavassa.

## Lähteet

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Abrahams, I., Reiss, M., Sharpe, R. (2013). The assessment of practical work in school science, *Studies in science education*, 49(2), 209–251.
- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2008). Inquiry in the classroom: Identifying necessary components of a useful definition. Teoksessa: E. Abrams, S. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Challenges and Opportunities* (11–42). Charlotte, North Carolina: Information age publishing.
- Aikenhead, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. A paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) 2003 Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands ,15–24.
- Aksela, M. (2016). Kestävä kehitys ja kemia opettajankoulutuksessa. LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education, 1(2), 4–10
- Aksela, M. & Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu – tutkielman tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Aminod, L.G., Lennernäs, H., Shah, P.V., Crison, J.R., A. (1995). Theoretical Basis for a Biopharmaceutic Drug Classification: The Correlation of in Vitro Drug Product Dissolution and in Vivo Bioavailability. *Pharmaceutical Research* 12(3), 413–42
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research a decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25.
- Aulton, M.E. (2007). The Science of dosage form design, teoksessa *Pharmaceutics*, Lontoo: Churchill Livingstone, 3ed. 85-98, 391-450.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46 (2), 26–29.

- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347–370.
- Bulte, A.M.W., Westbroek, H. B., de Jong, O., Pilot, A. (2007) A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts, *International Journal of Science Education*, 28:9, 1063-1086,
- Chatwal, G.R. (2009). Medicinal Chemistry, Global media, (1–14) e-kirja saatavilla: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/helsinki-ebooks/detail.action?docID=3011259#> haettu 22.2.2018.
- Chin, C., Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in science education* 44(1), 1–39.
- Dorier, J-L. Maas, K. (2014). Inquiry-based mathematics education. In: Lerman S. (eds) *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer, Dordrecht.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B., & Hofstein, A. (2013). How to balance the chemistry curriculum between science and society. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teoksessa Chemistry teaching - a studybook* (1–36). Rotterdam: Sense.
- Erikson, P., Koistinen, K. (2014) *Monenlainen tapaustutkimus*, Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28, 957–976.
- Herranen, J., Tuomisto, M., Aksela, M., (2015) Tutkimuksellinen opiskelu kemian aineopettajakoulutuksessa. *LUMAT* 3(6), 856–866.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2008). Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- Hodson D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85–142.

- Hofstein, A. & Kesner, M. (2007) Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant, *International Journal of Science Education*, 28:9, 1017–1039.
- Hofstein, A., Kipnis, M. & Abrahams, I. (2013). How to learn in and from the chemistry laboratory. Teoksessa I. Eilks & A. Hofstein (toim.), *Teaching Chemistry - A Studybook* (153-177). Rotterdam: Sense Publishers.
- Holbrook, J., (2005) Making chemistry teaching relevant, *Chemical education international*, 6(1), 1–12.
- Jadrich, J., Bruxvoort, C. (2011). Learning and teaching scientific inquiry: Applications from research. *National Science Teachers Association* 2011. E-book.
- Jenkins, E.W. & Nelson, N.W. (2005) Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England, *Research in Science & Technological Education*, 23:1, 41–57
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education one step towards methodology. *NorDiNa : Nordic Studies in Science Education*., (4), 54–68.
- King, D., & Ritchie, S. M. (2012). Learning science through real world contexts. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science Education* (69–80). Dordrecht: Springer.
- Koskinen, P., Koskinen, A. (2016). Kemiaa kaikkialla, *Lukion kemia 1*, Helsinki: Sanoma Pro.
- Koskinen, A., Koskinen, P. (2017). Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, *Lukion kemia 2*, Helsinki: Sanoma Pro.
- Koskinen, A., Koskinen, P. (2017). Reaktiot ja Energia, *Lukion Kemia 3*, Helsinki: Sanoma Pro.
- Kristoffersson, E. (1987), *Farmaseuttisen teknologian persuteet II osa*, Helsinki: Yliopistopaino, 160-172, 173–175.
- Laine, M. (2008). *Tapaustutkimuksen taito*, Gaudeamus: e-kirja. Saatavilla: <https://www.ellibslibrary.com/book/9789524950329> Haettu 13.3.2018.

- Lampiselkä, J., Myllyviita, A., Pernaa, J., Arppe, T. (2016) Kemiaa kaikkialla, Orbitaali 1. e-oppi: e-kirja, Saatavilla: <https://www.e-oppi.fi/kirja/orbitaali1/> Haettu 26.10.2017
- Lampiselkä, J., Myllyviita, A., Pernaa, J., Arppe, T. (2016) Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, Orbitaali 2. e-oppi: e-kirja, Saatavilla: <https://www.e-oppi.fi/kirja/orbitaali2/> Haettu 26.10.2017
- Lampiselkä, J., Myllyviita, A., Pernaa, J., Arppe, T. (2017). Reaktiot ja energia, orbitaali 3. e-oppi: e-kirja, Saatavilla: <https://www.e-oppi.fi/kirja/orbitaali3/> Haettu 26.10.2017
- Lavonen, J., Byman, R., Uitto, A., Juuti, K. & Meisalo, V. (2008). Students' interest and experiences in physics and chemistry related themes: Reflections based on a ROSE-survey in Finland. *Themes in Science and Technology Education*, 1(1), 7–36.
- Lehtiniemi, K. Turpeenoja, L. (2017). Kemiaa kaikkialla, *Mooli 1*, Helsinki: Otava
- Lehtiniemi, K. Turpeenoja, L. (2017). Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, *Mooli 2*, Helsinki: Otava
- Lunetta, V.N., Hofstein, A., Clough, M.P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory and practice. Teoksessa Abell, S. ja Lederman, N. *Handbook of research in science*. New Jersey: Education Lawrence Erlbaum Associates, INC, Publishers.
- Mabrouk, S.T. (2004). The Preparation and Testing of a Common Emulsion and Personal Care Product: Lotion, *Journal of chemical education*, 81:1, 83–86.
- Metsämuuronen, J. (2011) *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä*, [verkkojulkaisu] International Methelp Oy Luettu 5.3.2018. <https://www.booky.fi/lainaa/1021>
- Newton, D.P. (1988). Relevance and science education, *Educational Philosophy and Theory*, 20:2, 7–12,
- Opetushallitus. (2015). Lukion opetussuunnitelman perusteet. Helsinki: Opetushallitus. Saatavilla: [http://www.opi.fi/download/172124\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015.pdf](http://www.opi.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf)
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(3), 173–184.

- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., Ralle, B. (2007) "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach, *International Journal of Science Education*, 28:9, 1041-1062.
- Pernaa, J. (2013) Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (toim.), Kehittämistutkimus opetuslalla. Jyväskylä: PS-kustannus
- Petrucci, R.H. (2007) *General Chemistry: Principles & Modern Applications*. 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey 2007.
- Ramsden J. M. (1998) Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science?, *International Journal of Science Education*, 20:2, 125-137
- Rautapää, E. (2016). Kemiaa kaikkialla, tabletkoulu <https://www.tabletkoulu.fi/product/ke1-kemiaa-kaikkialla-lops-2016/>
- Rautapää, E. (2016). Ihmisen ja elinympäristön kemiaa, tabletkoulu <https://www.tabletkoulu.fi/product/ke2-ihmisen-ja-elinympariston-kemiaa-lops-2016/>
- Rautio, J., Laine, K., Jarho, P., Wallén, E., Vuorensola, K., Wikberg, T., Lindeke, B. (2013). *Farmaseuttisen kemian perusteet*. Hkapaio Helsinki: Farmasian opiskelijayhdistys Fortis ry
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henrikson, H., Hemmo, V. (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe, European Commission: Directorate-General for research, Brussels (2007)
- Schwartz-Bloom, R.D., Halpin, M.J. (2003). Integrating pharmacology topics in high school biology and chemistry improves performance, *Journal of research in science teaching* 40:9, 922-938.
- Schwartz-Bloom, R.D., Halpin, M.J., Reiter, J.P. (2011). Teaching High School Chemistry in the Context of Pharmacology Helps Both Teachers and Students Learn, *Journal of chemical education*, 88, 744-750.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34.

- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2005). How do learners in different cultures relate to science and technology? results and perspectives from the project ROSE (the relevance of science education). *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(2), 1-17.
- Tadors, T. (2013) *Emulsion formatin and stability*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmpH & Co. (1-73)
- Tuomi, J., Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*, Helsinki: Tammi
- Turpeenoja, Leena (2017). Reaktiot ja Energia, *Mooli 3*, Helsinki: Otava
- Walstra, P. (1993). Principles of emulsion formation, *Chemical engineering science* 48(2), 333-349

## Liite 1: Kyselytutkimuslomake

### Tavoitekysely lääkekemian huippukurssille

Vastaa tähän lääkekemian huippukurssia koskevaan tavoitekyselyyn omien ennakkotietojesi ja ennakoarvioidesi mukaisesti. Vastauksia käytetään kurssin kehittämistutkimukseen, joka on osa Tanja Luostarin Pro Gradu -tutkielmaa.

#### YLEISTÄ TIETOA

##### 1. Sukupuoli

- ☐ Mies  
☐ Nainen  
☐ muu

##### 2. Minä vuonna aloitit lukiossa?

##### 3. Käytyjen kemian kurssien määrä ennen tätä kurssia

- ☐ 0-1 kurssia  
☐ 2-5 kurssia  
☐ enemmän kuin 5 kurssia

##### \* 5. Oletko osallistunut tiedekerhoihin, -leireille tai -tapahtumiin vapaa-ajallasi? Jos olet, niin mihin?

#### OMAT KIINNOSTUKSET

##### 4. Kerro lyhyesti, miksi valitsit tämän kurssin

##### Mitkä seuraavista syistä (jos mitkään) vaikuttivat kurssivalintaan

- ☐ Olen yleisesti kiinnostunut kemiasta  
☐ Olen kiinnostunut lääketieteestä  
☐ Aion kirjoittaa kemian ylioppilaskirjoituksissa  
☐ Aion hakea opiskelemaan lääketieteeseen  
☐ Aion hakea opiskelemaan kemiaa  
☐ Aion hakea opiskelemaan farmasiaa  
☐ Olen kiinnostunut terveyteen liittyvistä asioista  
☐ Kurssi vaikuttaa hyödylliseltä  
☐ Kurssi vaikuttaa innostavalta  
☐ Kurssin aihetta ei käsitellä muilla kursseilla  
☐ Ei mikään edellisistä

##### Mihin aiot jatkaa lukion jälkeen?

- ☐ Ammattikoulu  
☐ Ammattikorkeakoulu  
☐ Yliopisto  
☐ Työelämä  
☐ Jokin muu

##### Kerro lyhyesti 1-3 esimerkillä, mitkä ammatit tai alat sinua kiinnostavat



## KURSSIN TAVOITTEET

\* Mitä tavoitteita sinulla on kurssille?

\* Mitä tavoitteita luulet opettajilla olevan kurssin suhteen?

\* Mitä toivot kurssilta? (mitä toivot että teette kurssilla, mitä toivot oppivasi ja kokevasi kurssin aikana)

\* Mitä uskot tämän kurssin antavan sinulle? (esimerkiksi miten opinnoissasi tai vapaaajallasi hyödyt kurssista)

\* Mitä et halua tältä kurssilta? (Millainen et toivo tämän kurssin ainakaan olevan)

## Liite 2 Analysoidut oppikirjat ja suorat pominnat

Kirja	Teksti	Sijainti	Asiayhteys												
Mooli 1	Emulsio on kahden toisiinsa sekoittumattoman nesteen muodostama seos.	Kappale 2.2 leipäteksti	Hetero- ja homogeeniset seokset												
Mooli 1	Seos voidaan saada homogeenisemmaksi joko voimakkaan mekaanisen käsittelyn avulla, kuten maidon homogenoinnissa taika salaattinkastikkeen voimakkaassa sekoittamisessa, tai lisäämällä seokseen emulgointiaineita. Lesitiini on elintarviketeollisuuden yleisesti käyttämä emulgointiaine. Kun sitä lisätään esimerkiksijäätelöön, rasva ei pääse erottumaan muista aineosista ja jäätelö pysyy koostumukseltaan tasaisena	Kappale 2.2 leipäteksti	Hetero- ja homogeeniset seokset												
Mooli 1	Voiteet ovat veden ja erilaisten veteen liukenemattomien aineiden emulsioita. Jotta voidetta olisi miellyttävä käyttää, lisätään voiteeseen emulgointiainetta.	Kappale 2.2 kuvateksti	Hetero- ja homogeeniset seokset												
Mooli 1	<p>Sijoita seuraavat aineet oheiseen taulukkoon: pronssi, Zn, I<sub>2</sub>, Ge, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, virvoitusjuoma, ilma CaCO<sub>3</sub>, mutainen vesi, maito, partavaahto, kosteusvoide, valkokulta</p> <table border="1"> <tr> <td>Metallit</td><td>Ioniyhdisteet</td><td>liuokset</td><td>Liete</td></tr> <tr> <td>Puolimetallit</td><td>Molekyylilyhdisteet</td><td>Metalliseokset</td><td>Vaahto</td></tr> <tr> <td>Epämetallit</td><td></td><td>Kaasuseokset</td><td>Emulsio</td></tr> </table>	Metallit	Ioniyhdisteet	liuokset	Liete	Puolimetallit	Molekyylilyhdisteet	Metalliseokset	Vaahto	Epämetallit		Kaasuseokset	Emulsio	Kappale 2.2 harjoitustehtävä	
Metallit	Ioniyhdisteet	liuokset	Liete												
Puolimetallit	Molekyylilyhdisteet	Metalliseokset	Vaahto												
Epämetallit		Kaasuseokset	Emulsio												
Mooli 2	Asetyyilisalisyylihapon synteesi	Tutki ja kokeile Oppilastyö työ 9. s.207	Orgaanisen kemian työmenetelmiä												
Mooli 2	Mikä ainemäärä asetyyilisalisyylihappomolekyylejä on aspiriinitabletissa, jos se sisältää $1,7 \cdot 10^{21}$ asetyyilisalisyylihappomolekyylejä?	Kappale 1.2. Harjoitustehtävä 7 b)	Ainemäärä												
Mooli 2	Lääketeollisuudessa molekyylimallinnusta käytetään uusien lääkeaineaihioiden kehittämisessä. Tällöin lääkeaineeksi sopivien molekyyliden löytäminen useiden tuhansien mahdollisten molekyyliden joukosta nopeutuu ja yhdisteen kemiallisten ominaisuuksien ymmärtäminen tarkentuu.	Kpl 3.2. Leipäteksti	Molekyyliden mallintaminen												
Mooli 2	Lääkeaineita on perinteisesti valmistettu täysin synteettisesti, mikä on usein runsaasti aikaa vievä ja vaativa prosessi. Esimerkiksi aspiriinin vaikuttavan aineen asetyyilisalisyylihapon valmistuksessa voidaan lähteä liikkeelle eteenimolekyylillä. Tästä valmistetaan ensin etanaalia, joka muutetaan etaanihapon anhydridiksi. Tämä saadaan edelleen muutettua salisyylipoksi ja lopulta asetyyilisalisyylihapoksi. Joskus halutun lääkeainemolekyylin valmistamiseksi voidaan tarvita jopa 20-30 erilaista reaktiota.	Tiedätkö? Infolaatikko s.104	Lääkkeiden valmistus												

Mooli 2	Uuden lääkkeen kehittäminen vie noin 15 vuotta ja voi maksaa jopa miljardi euroa. Lääkepatentit ovat voimassa 20 vuotta, joten lääkkeen hyödyntämisaika jää lyhyeksi. Uusien lääkkeiden kehittämisessä hyödynnetään tietokoneavusteista lääkeainesuunnittelua, suurten lääkemolekyylijoukkojen automaattista tehoseulontaa ja yhä enemmän myös biotekniikkaa.	Tiedätkö? Infolaatikko s.104	Molekyylien mallintaminen
Mooli 2	Lännenmarjakuusi on hyvin hidaskasvuinen pensas tai pieni puu, joka on kotoisin Pohjois-Amerikasta Tyynenmeren rannikolta. Lännenmarjakuusi on Suomessa harvinainen kasvi, eikä sitä juuri löydy muualtakaan Euroopasta. Lännenmarjakuusen kaarnasta on eristetty erittäin tehokasta syöpälääkettä nimeltä paklitakseli (taksoli), jota nykyisin valmistetaan puolisyntetisästi lännenmarjakuusen säätämiseksi. Paklitakselin rakennekaava on esitetty ohessa. a) minkä tyyppisiä funktionaalisia ryhmiä paklitakselimolekyyliässä on? b) Nimeä rakennekaavaan ympäröity funktionaalinen ryhmä c) mikä kohta molekyylissä on heterosyklinen d) kuinka monta $sp^2$ -hybridisoitunutta hiiliatomia molekyylissä on?	Kappale 4.1 tehtävä 5. Harjoitustehtävä	Isomeria
Mooli 2	Optinen isomeria tulee ottaa huomioon valmistettaessa uusia lääkeaineina toimivia molekyylejä. Jos yhdiste on optisesti aktiivinen, saadaan synteesituotteena usein eri isomeerien seos, jossa on yhdisteen molempia enantiomeereja. Näistä usein vain toisella enantiomeerilla on haluttu vaikutus, kun taas toinen voi olla hoidollisesti tehoton tai jopa vaarallinen. Nykyisin kaikista sellaisista uusista markkinoille tulevista lääkeainemolekyyleistä, joilla esiintyy optista isomeriaa, testataan molempien isomeerien vaikutus ja turvallisuus jo lääkekehityksen varhaisvaiheessa.	Leipäteksti kappale 4.2.	Isomeria
Mooli 2	Esitä kemiallinen perustelu, miksi a) monet lääkeainemolekyylit, kuten ibuprofeeni ja talidomi, esiintyvät kahdessa muodossa, joista vain toinen on tehokas lääkkeenä ja toinen harmiton tai vaarallinen. b) nesteeseen liuotettu lääkeaine vaikuttaa nopeammin kuin vastaava lääkeannos tablettina. c) joidenkin lääketablettien puolittaminen tai murskaaminen on erikseen kielletty. d) monet nestemäiset yskänlääkkeet valmistetaan liuottamalla lääkeaine etanoliin ja lisäämällä sen jälkeen vettä. e) joitakin lääkeaineita voi nauttia suun kautta vain enterokapseleina, joka liukenee vasta mahalaukun jälkeen suolistossa, ja joitakin lääkeaineita, kuten insuliini, ei voi rakenteen vuoksi nauttia suun kautta, vaan ne on otettava injektiona.	Kappale 4.2 Harjoitustehtävä	Ylioppilastehtävä
Mooli 3	Ota selvää millaisia narkoottisia aineita on eri aikoina käytetty, kun on tehty kirurgisia toimenpiteitä	Kpl 4.4 Ota selvää! Tiedonhakutehtävä	Kondensaatio- ja hydrolyysireaktiot
Mooli 3	Ohessa on esitetty eräiden lääkeainemolekyylien rakennekaavoja. Merkitse nuolella ne sidokset, jotka voivat katketa hydrolyysireaktiossa.	Kpl 4.4. Harjoitustehtävä	Hydrolyysireaktiot
Mooli 3	Kun salisyylihappo reagoi etikkahapon kanssa muodostuu särkylääkkeenä tunnettua yhdistettä, asetyylisalisyylihappoa. a) esitä asetyylisalisyylihapon rakennekaava viivakaavana b) Kun salisyylihapon karboksyyli-ryhmä reagoi metanolin	Kpl 4.4 Harjoitustehtävä	Kondensaatio-reaktiot

	kanssa saadaankin hyväntuoksuista aromiainetta. Esitä tämänkin yhdisteen rakennekaava viivakaavalla.		
Orbitaali 1	Kappale lääkeainekemiasta, jossa kerrotaan lyhyesti lääkkeiden kehittämisprosessista. Lääkkeen kehityskaari on esitetty kuvallisesti. Esimerkkeinä lääkeaineista on annettu talidomi ja ibuprofeeni, joiden isomeereistä on esitetty rakennekaavat.	Kpl 1 Leipäteksti + 4 kuvaa	Lääkeainekemia
Orbitaali 1	Kolloidit liuokset ovat yleisiä arkielämässä. Esimerkiksi emulsio, geeli, liete, savu, sumu ja vaahto ovat kolloideja.	Leipäteksti	Puhtaat aineet ja seokset.
Orbitaali 1	Emulsiossa nesteet eivät muodosta homogeenista seosta vaan seos emulsioidaan sekoittamalla nesteet keskenään. Esimerkiksi kuvan kasvovoide on veden ja öljyn välinen heterogeeninen seos.	Kuvateksti	Puhtaat aineet ja seokset
Orbitaali 1	Selvitä, millaisia aineita ovat kolloidit? Pohdi myös, mihin kolloideihin törmäät arjessa joka päivä.	Peruskoulun kemian kertausta, Käsiteltävät	Puhtaat aineet ja seokset
Orbitaali 2	1. Lääkepaketti on vanhentunut. Vaikuttava aine voi olla muuttunut. Miten tunnistamme sen? 2. Olemme merkittävän lääkemolekyylin jäljillä. Jotta sitä voidaan valmistaa, meidän täytyy selvittää sen rakenne ja pohtia sen valmistamista.	Kpl 6 Tutkimusprojekti	Spektroskopia
Orbitaali 2	Salisyyl- ja etikkahapon esterit tunnetaan särkylääkkeinä. Esterin hydrolysoituessa elimistössä muodostuu happoja, jotka ärsyttävät vatsaa ja saattavat aiheuttaa närästystä. Puskuroitu särkylääke ei aiheuta samanlaisia oireita. Siihen on lisätty magnesiumoksidia ja alumiiniaminoasetaattia, jotka kumoavat muodostuvien happojen vaikutuksen.	Kpl 7 Leipäteksti	Esterit
Orbitaali 2	Lisäaineistoa sivu aspiriinin valmistuksen historiasta	Kpl 7 Lisäaineistoa sivu	Hiiliyhdisteiden toiminnalliset ryhmät
Orbitaali 2	Lisäaineistoa sivu Eetterin lääketieteellisestä historiasta	Kpl 7 Lisäaineistoa sivu	Hiiliyhdisteiden toiminnalliset ryhmät
Orbitaali 2	Talidomidi oli 1950–60 luvuilla yleisesti käytetty raskausajan pahoinvointilääke. Talidonimolekyylin +-muoto oli tehokas unilääke, joka ei aiheuttanut riippuvuutta, auttoi raskauspahoinvointiin ja oli tehokas syöpälääke. Molekyylin -muoto sen sijaan häiritsi sikiön käsien ja jalkojen pitkien luiden kasvua, aiheutti elinvarioita ja vakavaa kehitysvammaisuutta. Lääkkeen käyttö johti lukuisiin vastasyntyneiden raajaepämuodostumiin ennen kuin sen vaikutusmekanismi tunnistettiin. Katastrofin syy oli se, että lääkettä valmistettiin raseemisena seoksena ja vain toinen avaruusmuodoista toimi elimistölle vaarattomana rauhoittavana aineena.	Kpl 8 Leipäteksti	Optinen isomeria
Orbitaali 2	Tulehduskipulääkkeenä käytetty ibuprofeeni valmistetaan raseemisena seoksena. Molempia muotoja on yhtä paljon, ja vain molekyylin +-muoto on kipua lievittävä aine. Osa vaikuttamattomasta aineesta muuttuu elimistössä vaikuttavaksi muodoksi, mutta muuttumaton osa varastoituu rasvakudoksiin.	Kpl 8 Leipäteksti	Optinen isomeria
Orbitaali 2	Pohdi, millainen merkitys peilikuvaisomeriolla voi olla lääkeaineissa? Vinkki: Selvitä asiaa esim. ibuprofeenin (mm. Buranan vaikuttava aine), tramadolin (Tramasolin vaikuttava aine) tai	Kpl 8 Tehtävät	Optinen isomeria

	talidomidin avulla.		
Orbitaali 3	Määritetään närästyslääkkeen neutralointikapasiteetti titraamalla. Närästyslääke liuotetaan suolahappoon ja liuos titrataan natriumhydroksidilla ekvivalenttipisteeseen.	Kpl 4 Oppilastyö	Titraaminen
Orbitaali 3	Rennie on närästyslääke, jota käytetään happamien röyhtäisyjen ja mahakipujen hoitoon. Mahavaivat johtuvat mahan liiallisesta suolahappomäärästä. Lääke sisältää vaikuttavina aineina kalsiumkarbonaattia ja magnesiumhydroksidia, joita yhdessä tabletissa on yhteensä 553 mg. Yksi tabletti liuotettiin 50,0 millilitraan 0,500 M HCl-liuosta. Tablettiliuos titrattiin 0,500 M NaOH-liuoksella, jota kului 24,93 ml. Laske kalsiumkarbonaatin ja magnesiumhydroksidin massat tabletissa.	Kpl 4 Tehtävät	Titraaminen
Orbitaali 3	Uuden lääkkeen syntetisointi on tänä päivänä pitkän kehitysprosessin tulosta. Ennen valmistusta on pyrittävä selvittämään lääkeaineen vaikutusmekanismi ihmisen elimistössä ja menetelmä, jolla haluttua ainetta voidaan valmistaa.	Kpl 7 Leipäteksti	Kemia elinympäristössä
Orbitaali 3	Kappale lääkkeiden suunnittelusta ja kehittämisestä. Kappaleessa esitellään aspiriinin, penisilliinin ja entakaponin keksimistä ja käyttöä.	Kpl 7 Leipäteksti	Lääketeollisuus
Tablet-koulu 1	Hierot kasvoillesi kosteusvoidetta, joka on <b>emulsio</b> . Usein emulsioita valmistettaessa käytetään eri faaseja sitovia aineita, <b>emulgointiaineita</b> . Näin saadaan muuten toisistaan erottuvat aineet pysymään yhdessä ja seos tasaisena.	Kpl 3.2.1 Leipäteksti	Seokset
Tablet-koulu 1		Kpl 3.2 Taulukko	Seokset
Tablet-koulu 1		Kpl 3.2.1 Kaavio	Seokset
Tablet-koulu 1	Kuvissa on kolme Suomessa valmistettua kemian alan tuotetta. Ota selvää tuotteen valmistuksesta ja sen valmistajasta. Kerro esseevastauksessasi lyhyesti: 1. Mikä tuote on? 2. Mihin kemianteollisuuden alaan tuote kuuluu? 3. Mainitse yritys, joka valmistaa kyseistä tuotetta 4. Minkälaisia vaiheita tuotteen valmistuksessa on?	Johdantokappale Harjoitustehtävä	Kemianteollisuus
Tablet-koulu 1	Katso vilustumislääkkeen tuoteselostetta. 1. Laske kolmen ensin mainitun ainesosan massaprosenttiset osuudet annospussissa. 2. Etsi aineiden suomenkieliset nimet. 3. Mikä on eri aineiden tarkoitus? Täytä vastauksesi alla oleviin kenttiin	Kpl 2.3.1 Harjoitustehtävä	Seokset
Tablet-koulu 2	1. Etsi seuraavien aineiden rakennekaavat: Asetyylisalisyylihappo (Aspiriini) Aspartaami (makeutusaine) C-vitamiini Ibuprofeeni (tulehduskipulääke) Pantoteenihappo (B-vitamiini)	Kpl 2.2 Harjoitustehtävä	Funktionaaliset ryhmät
Tablet-koulu 2	Parasetamolin määrä	Kpl 3.2 Harjoitustehtävä	Ainemäärä

	<p>Kuvan pakkausselosteen mukaan tavanomainen annos aikuiselle on 1–2 tablettia korkeintaan neljä kertaa päivässä. Tabletteja ei pidä ottaa useammin kuin neljän tunnin välein.</p> <p>Montako parasetamolimolekyyliä päivittäinen maksimiannos sisältää?</p> <p>(Anna vastauksesi kymmenpotenssimuodossa kahden numeron tarkkuudella, esim. 5,3e12.)</p>								
Lukion kemia 1	<table><tr><td>Dispersiotyyppi</td><td>Kuvaus</td><td>Esimerkkejä</td></tr><tr><td>Emulsio</td><td>Neste nesteessä</td><td>Maito, majoneesi, kosteusvoide</td></tr></table>	Dispersiotyyppi	Kuvaus	Esimerkkejä	Emulsio	Neste nesteessä	Maito, majoneesi, kosteusvoide	Kappale 2. Taulukko	Seokset
Dispersiotyyppi	Kuvaus	Esimerkkejä							
Emulsio	Neste nesteessä	Maito, majoneesi, kosteusvoide							
Lukion kemia 1	<p>Kahteen koeputkeen otetaan kumpaankin ruokaöljyä ja ruokaetikkaa suhteessa 1:2. Toiseen koeputkista lisätään hiukan kananmunan keltuaista. Koeputkia ravistetaan voimakkaasti ja jätetään lopputunnin ajaksi koeputkitelineeseen. Mikä vaikutus kananmunan keltuaisella on seokselle?</p>	Kappale 2. Demonstraatio	Seokset						
Lukion kemia 1	<p>Luokittele seuraavan listan aineet liuoksiin tai taulukon 2.1 mukaisiin dispersiotyyppeihin. Joskus tuote voi olla kahta tyyppiä. Muotovahto, margariini, kiisseli, siirappi, ruokaetikka, vaahtomuovi.</p>	Kappale 2. Harjoitustehtävät	Seokset						
Lukion Kemia 2	<p>Neidon hiuspuu ja perinteinen kiinalainen lääketiede: Perinteisessä kiinalaisessa lääketieteessä neidonhiuspuun lehtiä ja siemeniä on käytetty muun muassa astman sekä sydän- ja verenkiertosairauksien ja nivel- ja reumavaivoihin. Lisäksi kuva neidonhiuspuunlehdistä eristetyistä Ginkgoidi B-molekyylistä.</p> <p>Tyynenemerenmarjakuusesta syöpälääke: Paklitakselin synteesi.</p> <p>Merisienestä syöpälääke: Eribuliinin synteesi ja 3D-pallotikkumallikuva eribuliinista</p>	Kpl 1 Leipäteksti Ja kuvat (3 kpl)	Orgaaninen kemia						
Lukion Kemia 2	<p>Valitse seuraavista yksi yhdiste ja selvitä sen tie lääkeaineeksi:</p> <p>a) atropiini b) pilokarpiini c) epibatadiini d) morfiini e) kolkisiini f) penisilliini</p>	Kpl 1 harjoitustehtävät	Alkaloidi lääkeaineina						
Lukion Kemia 2	<p>Nukutusaineet: Haloalkaanit olivat ensimmäisiä nukutusaineita. Tohtori Simpson Edinboroughista käytti trikloorimetaania eli koloformia ensimmäisen kerran nukutusaineena 1847. Desfluraani on eräs nykyisin nykyisin yleisesti käytettävistä nopeavaikutteisista masennuslääkkeistä.</p>	Kpl 6 Lisätietoa	Haloalkaanit						
Lukion Kemia 2	<p>Salisyylihappo on sekä karboksyylihappo että Fenoli. Salisyylihappo eristettiin ensi kerran pajunkuoresta vuonna 1838 ja saksalainen herra Kolbe syntetisoi sen 1860. Pian sitä käytettiin sekä antipyreettinä (kuumelääke), että analgeettinä (kipulääke).</p> <p>Lisäksi kuvat salisyylihaposta, metyyli-salisylaattista ja asetvylisalisvlihanposta.</p>	Kpl 11 Lisätietoa	Karboksyylihapot ja esterit						

Lukion Kemia 2	Lidokaiini on yleisesti käytetty paikallispuudute. Tunnista lidokaiinin funktionaaliset ryhmät. Mistä kahdesta lähtöaineesta voisit valmistaa lidokaiinia?	Kpl 11 Harjoitustehtävät	Orgaaniset tyyppiyhdisteet
Lukion Kemia 2	Alkaloidit lääkeaineina Valitse alla olevista yksin yhdiste ja kirjoita siitä essee. a) efedriini b) pilokarpiini c) vinkristiini d) atropiini e) Ergot-alkaloidit	Kpl 11 harjoitustehtävät	Orgaaniset tyyppiyhdisteet
Lukion Kemia 2	Inforuudussa on kuvattu Warfariini keksimisen historia ja warfariinin käyttö verta ohentavana lääkkeenä	Kpl 15 lisätietoa	Funktioisomeria
Lukion Kemia 3	Ibuprofeenia tuotettiin teollisesti alun perin menetelmällä, jonka atomieconomia oli 40 %. Nykyisin käytössä olevan teollisen menetelmän atomieconomia on 77%. Reaktiossa syntyy siis merkittävästi vähemmän jätettä.	Kpl 4 Kuva	Atomieconomia
Lukion Kemia 3	Asetyylisalisyylihapon synteesi	Kpl 9 Kokeellisuus	Esterisynteesi
Lukion Kemia 3	Sivut 130-134 käsittelevät lääketieteellisuutta. Kappaleessa kerrotaan, miten lääketieteellisyys on saanut alkunsa ja millainen teollisuuden ala sen on nykyään. Esimerkkisynteesinä on annettu klopidoogreelin synteesi.	Kpl 10 leipäteksti + kuvat (5 kpl)	Lääketieteellisyys
Lukion Kemia 3	Lääkkeen valmistus a) korvatipat b) närästyslääke	Kpl 10 Oppilastyö	Lääketieteellisyys

## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

Tässä työssä valmistetaan itse emulsiovoide ja tehdään siitä tukkoisuutta avaava flunssavoide lisäämällä siihen eteerisiä öljyjä.

Ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävä on tehtävä ennen laboratorioon tuloa.

Työn tavoitteena on

- kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet
- oppia pääättelemään orgaanisten yhdisteiden liukoisuutta poolisiin ja poolittomiin liuottimiin
- oppia uusia työmenetelmiä: Emulsio- ja lietevoiteen valmistus
- oppia, että kemian taitoja sekä tietoja tarvitaan monissa ammateissa esimerkiksi lääketeknikkona, farmaseuttina tai proviisorina.

Työn rakenne

- Ennakkotehtävä 20 min
- Virittäytyminen 30 min

### Ennakkotehtäviä

*Muistuta mieleesi:*

- mitä tarkoitetaan emulsiolla
- Mitä tarvitaan emulsion muodostumiseen
- Mitä tekee emulgaattori ja minkälaisia aineita emulgaattorit ovat
- Mainitse jotain arkielämästä sinulle tuttuja emulsioita.

### *Ongelma apteekissa*

Olet opiskelemassa lääketeknikoksi tai farmaseutiksi. On toinen opiskeluvuotesi ja olet suorittamassa ensimmäistä työharjoitteluasi yhdessä Helsingin apteekeista. Sait ensimmäiseksi lääkkeenvalmistustehtäväksesi valmistaa flunssavoiteen helpottamaan apteekissa sattumalta asioivan vanhan lukiokaverisi tukkoista oloa ja yöllisiä yskänkohtauksia.



Flunssavoide sisältää seuraavat ainesosat:

**Voidepohja**

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| ○ Vaselinium (Vaseliini)             | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                          | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum (parafiiniöljy) | 20,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi)    | 20,0 g |

**Emulgaattorit**

- |                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimonoo-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)         | 1,0 g |

**Aktiiviset aineet**

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                          | 0,8 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum<br>(piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |

Nyt toivoisit, ettet olisi ollut unessa lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla, sillä voiteen tekeminen ei millään ota onnistuakseen. Sait laboratorioassistentilta kirjalliset ohjeet voiteen tekemistä varten, mutta ne eivät ole kovinkaan yksityiskohtaiset. Muistat koulusta, että ensin pitäisi valmistaa emulsiovoide ja valmiiseen emulsioon lietetään aktiiviset aineet, mutta miten ihmeessä emulsiovoide valmistettiin?

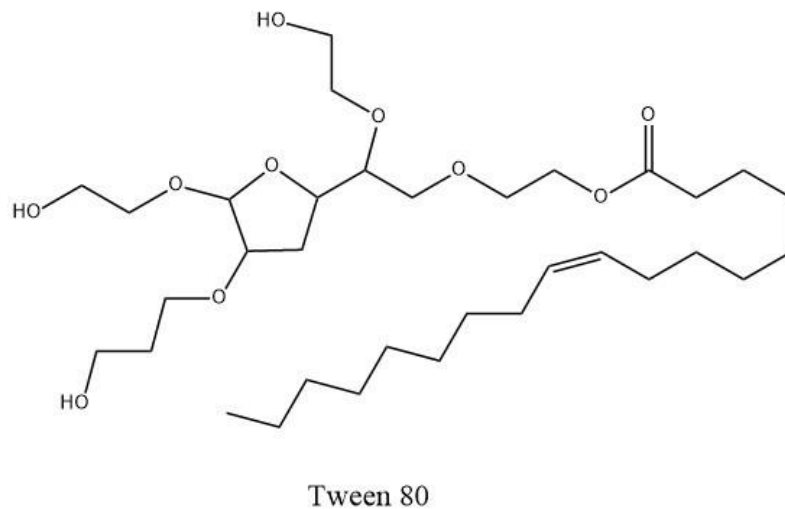
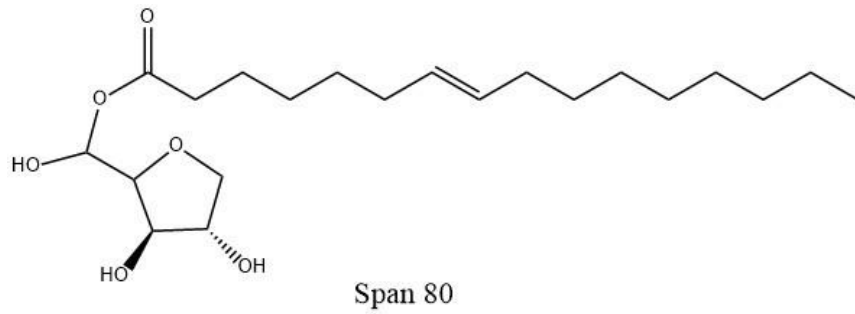
Ohjeen ensimmäisellä rivillä lukee punnitse lämmitystä kestäväään 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin ainesosat ja rasvafaasin emulgaattori. Mistä tietää mitkä emulsiovoiteen ainesosat kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin? Nämä osaat ehkä päätelläkin tai etsiä oikeat vastaukset nettiä tai kemian kirjoja hyväksikäyttäen.

Mutta entä kumpi emulgaattori kuuluu kumpaan faasiin?

Alat kiireesti googlettamaan vastauksia ja löydät Span 80 ja Tween 80 emulgaattoreiden rakennekaavat.



Huhmare ja survin ovat käsin tapahtuvan lääkevalmistuksen perus työvälineet.



Onneksi et sentään nukkunut kaikkia kemian tunteja, sillä rakennekaavojen perusteella osaat päätellä, että:

rasvafaasin emulgaattorina toimii:

Ja

vesifaasin emulgaattorina toimii:

Huh, nyt faasien vaikeimmat aineet on ratkaistu. Enää tarvitsee vain jakaa muut voidepohjan ainesosat rasva- ja vesifaaseihin. Tee se tähän alle:

*Rasvafaasin muodostavat:*

*Vesifaasin muodostavat:*

Nyt kun olet selvittänyt mitkä lähtöaineet kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin voidaankin aloittaa voiteen valmistus. Ohje voiteen valmistamiseksi on kokonaisuudessaan tässä alla. Lue se läpi huolellisesti.

1. Punnitse tarkasti puhtaaseen ja täysin kuivaan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat, myös emulgaattori.
2. Sulata rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
3. Kiehauta dekanterilasissa (älä anna kiehua) vesifaasiin tarvittava steriili vesi. Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat, myös emulgaattori.
4. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä lämpöuunissa lämmitettyyn (ja punnittuun) keraamiseen huumareeseen.
5. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Sitten kaada rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana ja emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.

Eihän tämä vaikealta kuulosta ajattelit ja rupeat tuumasta toimeen.

Punnitset rasvafaasin aineet dekanterilasiin ja jätät sen lämpölevylle kuumenemaan, jottei se ehtisi jäähtyä sillä välin kun lämmität vesifaasia.

Kiehautat veden toisessa dekanterilasissa. Sitten otat dekanterilasin pois levyltä ja sekoitit sinne vesifaasin muut ainesosat ja lämmität vesifaasin uudestaan 70 asteeseen. Sitten odotellaan, että rasvafaasi jäähtyisi myös 70 asteeseen.

Kun rasvafaasi on vihdoinkin jäähtynyt lähelle 70 astetta, kaadat vesifaasin huumareeseen ja lisäät rasvafaasin ohuena nauhana huolellisesti sekoittaen. Mutta voi kauhistus! Eihän siitä tullut lainkaan emulsiota.

Osaatko arvata mitä olisi pitänyt tehdä eri tavalla?

Kirjoita arviosi ylös, jotta muistat mitä ei pidä tehdä, kun tämä flunssavoide valmistetaan seuraavalla oppitunnilla.

## Työn suoritus (laboratoriossa tehtävä osuus)

### 1. Emulsiovoiteen valmistus

#### Tarvikkeet:

##### Välineet

- 1 Huhmare
- 1 Survin
- 2 puhdasta ja kuivattua 100 ml dekanterilasia
- Lasisauva
- Lämpölevy
- Vesihaude
- Salvakortti tai spatula
- Voidetuubi tai purkki (100g)

Huhmare, survin ja salvakortti



##### Voidepohja

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| ○ Vaselineum (Vaseliini)             | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                          | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum (parafiiniöljy) | 23,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi)    | 20,0 g |

##### Emulgaattorit

- |                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimono-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)        | 1,0 g |

##### Aktiiviset aineet

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                          | 1,0 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum<br>(piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |

## Emulsiovoiteen valmistus

1. Punnitse huumare. Jos käytät keraamista huumarettia, niin laita se lämpiämään vesihauteeseen tai lämpöuuniin noin 60 asteeseen.
2. Punnitse tarkasti kaikki rasvafaasin aineosat (myös emulgaattori) puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin.
3. Lämmitä rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
4. Kiehauta vesifaasiin tarvittava steriili vesi dekanterilasissa (älä anna kiehua). Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat (myös vesifaasin emulgaattori).
5. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä se lämmitettyyn keraamiseen huumareeseen.
6. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Kaada sitten rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana. Sekoita emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.



Rasvafaasi kannattaa sulattaa ja kuumentaa vesihauteessa, jotta se ei pääse lämpenemään liian kuumaksi.



Voidetta tule sekoittaa, kunnes se on tasaisesti jäähtynyt ja alkaa muistuttaa rakenteeltaan olla kermavaahtomaista tai vähän juoksevampaa.

Lietevoiteessa voiteen lääkkeelliset tai aktiiviset aineet lietetään voidepohjaan. Tänään valmistamme lietevoiteen, jonka aktiiviset aineet ovat piparminttuöljy ja levomentoli.

Välikysymys:

Mikä on levomentolin ja piparminttuöljyn tehtävä flunssavoiteessa?

### Lietevoiteen valmistus

1. Hierrä 1 g levomentolia huhmareessa hienoksi jauheeksi.
2. Lisää valmistamaasi emulsiovoidetta huhmareeseen geometrisen sarjan mukaisesti ja sekoita voidetta huolellisesti joka lisäyksen välissä. Kasaa ennen seuraavaa lisäystä voide huhmareen keskelle voidekorttia tai spatulaa käyttäen. *Geometrisen sarjan mukaisesti tarkoittaa, että voidetta lisätään huhmareeseen kerrallaan enintään niin monta grammaa kuin huhmareessa oleva seos painaa. Eli ensimmäinen lisäys on maksimissaan 1g ja toinen 2g jne.*
3. Lisää viimeisenä pari (2-4) pisaraa piparminttuöljyä ja sekoita huolellisesti
4. Pakkaa valmistamasi flunssavoide voidetuubiin tai purkkiin voidekorttia tai spatulaa käyttäen.
5. Valmista voiteellesi sopiva etiketti, jossa kerrot kaikki voiteeseen käyttämäsi ainesosat, niiden määrät sekä voiteen valmistuspäivämäärän.



Salvakorttia käytetään apuna voiteen sekoittamisessa ja purkittamisessa.

## Liite 4: Tapaustutkimusten kyselylomake

### Taustatiedot

#### Sukupuoli

- ☐ Mies  
☐ Nainen  
☐ Muu

#### Viimeisin kemian arvosana

- ☐ 4      ☐ 8  
☐ 5      ☐ 9  
☐ 6      ☐ 10  
☐ 7

\* Miten kiinnostavana aineena koet kemian?

\* Koetko kemian opiskelun tärkeänä? vastaa kyllä tai ei ja perustele 1-2 lausella.

### Henkilökohtainen

\* Mitä hyötyä koet saaneesi tästä työstä (ennakkotehtävät + kokeellinen työ)

\* Mitkä työn osiot olivat mielestäsi hyödyllisimpiä ja miksi?

\* Mitä sellaisia tietoja tai taitoja opit, joiden oletat olevan sinulle hyödyllisiä tulevaisuudessa?

## Yhteiskunnallinen

---

\* Miten työ vaikutti  
näkemykseesi kemian  
merkityksestä  
yhteiskunnassa?

\* Vaikuttiko työ siihen, miten  
arvostat kemian alaa?

## Ammatillinen

---

\* Miten työ vaikutti  
käsitteeseesi kemian  
tietämystä hyödyntävistä  
ammateista?

\* Miten mielekkäänä koet  
lääkkeenvalmistuskontekstin,  
joka työssä oli?

\* Voisiko tämän tyylliset työt  
vaikuttaa  
ammatinvalintapäätökseesi?



## Liite 5: Muokattu kyselylomake

### Taustatiedot

#### Sukupuoli

- ☐ Mies  
☐ Nainen  
☐ Muu

#### Viimeisin kemian arvosana

- ☐ 4      ☐ 8  
☐ 5      ☐ 9  
☐ 6      ☐ 10  
☐ 7

\* Miten kiinnostavana aineena koet kemian?

\* Koetko kemian opiskelun tärkeänä? vastaa kyllä tai ei ja perustele 1-2 lausella.

### Henkilökohtainen

\* Mitä hyötyä koet saaneesi tästä työstä (ennakkotehtävät + kokeellinen työ)

\* Mitkä työn osiot olivat mielestäsi hyödyllisimpiä ja miksi?

\* Mitä sellaisia tietoja tai taitoja opit, joiden oletat olevan sinulle hyödyllisiä tulevaisuudessa?

## Yhteiskunnallinen

---

\* Miten työ vaikutti  
näkemykseesi kemian  
merkityksestä  
yhteiskunnassa?

\* Vaikuttiko työ siihen, miten  
arvostat kemian alaa?

## Ammatillinen

---

\* Miten työ vaikutti  
käsitykseesi kemian  
tietämystä hyödyntävistä  
ammateista?

\* Voisiko tämän tyyliset työt  
vaikuttaa  
ammatinvalintapäätökseesi?

## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

Tässä työssä valmistetaan itse emulsiovoide ja tehdään siitä tukkoisuutta avaava flunssavoide lisäämällä siihen eteerisiä öljyjä.

Ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävä on tehtävä ennen laboratorioon tuloa.

Työn tavoitteena on

- kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet
- oppia pääättelemään orgaanisten yhdisteiden liukoisuutta poolisiin ja poolittomiin liuottimiin
- oppia uusia työmenetelmiä: Emulsio- ja lietevoiteen valmistus
- oppia, että kemian taitoja sekä tietoja tarvitaan monissa ammateissa esimerkiksi lääketeknikkona, farmaseuttina tai proviisorina.

Työn rakenne

- Ennakkotehtävä 20 min
- Virittäytyminen 30 min

### Ennakkotehtäviä

*Muistuta mieleesi:*

- mitä tarkoitetaan emulsiolla
- Mitä tarvitaan emulsion muodostumiseen
- Mitä tekee emulgaattori ja minkälaisia aineita emulgaattorit ovat
- Mainitse jotain arkielämästä sinulle tuttuja emulsioita.

## Virittäytyminen

Kemian tietämys on tärkeää kaikille lääkealalla työskenteleville (lääkärit, hoitajat, apteekin henkilökunta, lääkealan tutkijat). Suurin osa lääkkeistä on orgaanisia molekyylejä, jotka saavat kehossamme aikaan niin toivottuja, kuin myös ei niin toivottuja (haittavaikutukset) kemiallisia ja entsymaattisia reaktioita. Etenkin lääkkeiden valmistuksessa ja kehittämisessä tarvitaan vankkaa kemian tietämystä ja tuntemusta.

Tiesitkö, että kaikki apteekkien lääkkeet eivät ole teollisuudessa valmistettuja, vaan apteekit voivat lääkärin määräyksestä tai riittävän asiakaskysynnän vuoksi valmistaa sellaisia lääkevalmisteita paikan päällä, joita lääkefirmat eivät valmista kaupallisesti. Tällaisia valmisteita ovat tyypillisesti jotkin ihottumavoiteet, jotkin yskänlääkkeet, keskosten lääkkeet ja jotkin eläintenlääkkeet.

### *Ongelma apteekissa*

Olet opiskelemassa lääketeknikoksi tai farmaseutiksi. On toinen opiskeluvuotesi ja olet suorittamassa ensimmäistä työharjoitteluasi yhdessä Helsingin apteekista. Sait ensimmäiseksi lääkkeenvalmistustehtäväksesi valmistaa flunssavoiteen helpottamaan apteekissa sattumalta asioivan vanhan lukiokaverisi tukkoista oloa ja yöllisiä yskänkohtauksia.

Flunssavoide sisältää seuraavat ainesosat:

#### Voidepohja

- |                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| ○ Vaselinium (Vaseliini)          | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                       | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum              | 20,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi) | 20,0 g |

#### Emulgaattorit

- |                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimonooleaatia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)      | 1,0 g |

#### Aktiiviset aineet

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                       | 0,8 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum (piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |



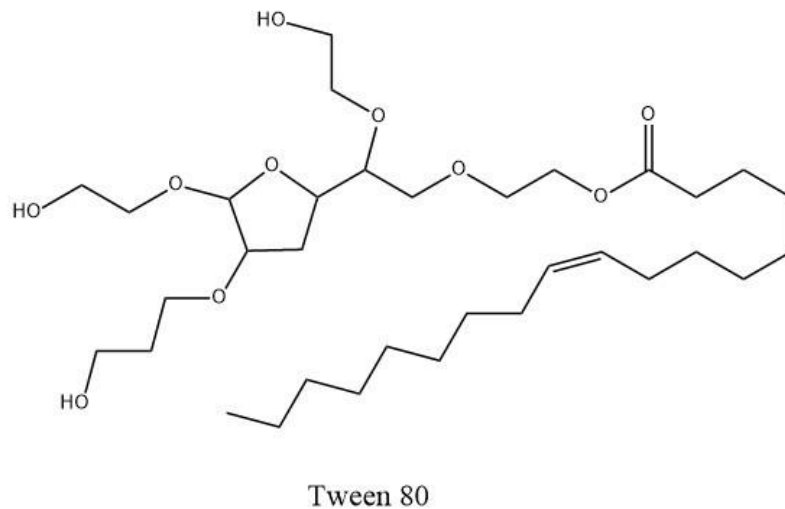
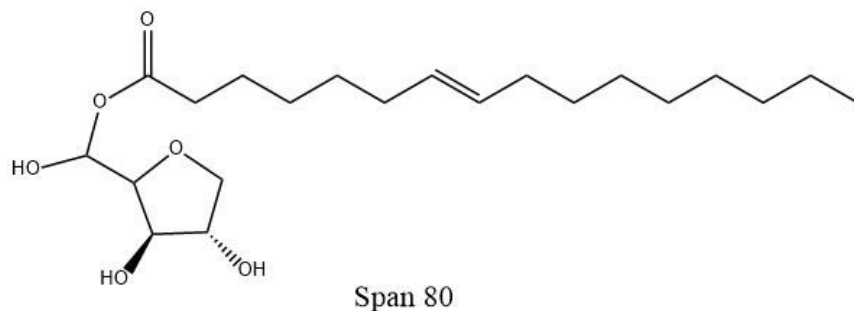
Huhmare ja survin ovat käsin tapahtuvan lääkevalmistuksen perus työvälineet.

Nyt toivoisit, ettet olisi ollut unessa lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla, sillä voiteen tekeminen ei millään ota onnistuakseen. Sait laboratorioassistentilta kirjalliset ohjeet voiteen tekemistä varten, mutta ne eivät ole kovinkaan yksityiskohtaiset. Muistat koulusta, että ensin pitäisi valmistaa emulsiovoide ja valmiiseen emulsioon lietetään aktiiviset aineet, mutta miten ihmeessä emulsiovoide valmistettiin?

Ohjeen ensimmäisellä rivillä lukee punnitse lämmitystä kestäväan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat ja rasvafaasin emulgaattori. Mistä tietää mitkä emulsiovoiteen ainesosat kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin? Nämä osaat ehkä päätelläkin tai etsiä oikeat vastaukset nettiä tai kemian kirjoja hyväksikäyttäen.

Mutta entä kumpi emulgaattori kuuluu kumpaan faasiin?

Alat kiireesti googlettamaan vastauksia ja löydät Span 80 ja Tween 80 emulgaattoreiden rakennekaavat.



Onneksi et sentään nukkunut kaikkia kemian tunteja, sillä rakennekaavojen perusteella osaat päätellä, että:

rasvafaasin emulgaattorina toimii:

Ja

vesifaasin emulgaattorina toimii:

Huh, nyt faasien vaikeimmat aineet on ratkaistu. Enää tarvitsee vain jakaa muut voidepohjan ainesosat rasva- ja vesifaaseihin. Tee se tähän alle:

*Rasvafaasin muodostavat:*

*Vesifaasin muodostavat:*

Nyt kun olet selvittänyt mitkä lähtöaineet kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin voidaan aloittaa voiteen valmistus. Ohje voiteen valmistamiseksi on kokonaisuudessaan tässä alla. Lue se läpi huolellisesti.

6. Punnitse tarkasti puhtaaseen ja täysin kuivaan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin ainesosat, myös emulgaattori.
7. Sulata rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
8. Kiehauta dekanterilasissa (älä anna kiehua) vesifaasiin tarvittava steriili vesi. Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat, myös emulgaattori.
9. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä lämpöuunissa lämmitettyyn (ja punnittuun) keraamiseen huumareeseen.
10. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Sitten kaada rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana ja emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.

Eihän tämä vaikealta kuulosta ajattelit ja rupeat tuumasta toimeen.

Punnitset rasvafaasin aineet dekanterilasiin ja jätät sen lämpölevylle kuumenemaan, jottei se ehtisi jäähtyä sillä välin kun lämmität vesifaasia.

Kiehautat veden toisessa dekanterilasissa. Sitten otat dekanterilasin pois levyltä ja sekoitit sinne vesifaasin muut ainesosat ja lämmität vesifaasin uudestaan 70 asteeseen. Sitten odotellaan, että rasvafaasi jäähtyisi myös 70 asteeseen.

Kun rasvafaasi on vihdoon jäähtynyt lähelle 70 astetta, kaadat vesifaasin huumareeseen ja lisäät rasvafaasin ohuena nauhana huolellisesti sekoittaen. Mutta voi kauhistus! Eihän siitä tullut lainkaan emulsiota.

Osaatko arvata mitä olisi pitänyt tehdä eri tavalla?

Kirjoita arviosi ylös, jotta muistat mitä ei pidä tehdä, kun tämä flunssavoide valmistetaan seuraavalla oppitunnilla.

**Työn suoritus (laboratoriossa tehtävä osuus)**



### 3. Emulsiovoiteen valmistus

#### Tarvikkeet:

##### Välineet

- 1 Huhmare
  - 1 Survin
  - 2 puhdasta ja kuivattua 100 ml dekanterilasia
  - Lasisauva
  - Lämpölevy
  - Vesihaude
  - Salvakortti tai spatula
  - Voidetuubi tai purkki (100g)
- Huhmare, survin ja salvakortti

##### Voidepohja

- Vaselinium (Vaseliini) 10,0 g
- Glyseroli 6,5 g
- Parafinum liquidum (parafiiniöljy) 23,0 g
- Aqua purificata (steriili vesi) 20,0 g

##### Emulgaattorit

- Span 80 (sorbitaanimono-oleaattia) 5,5 g
- Tween 80 (polysorbaatti 80) 1,0 g

##### Aktiiviset aineet

- Mentholum (levomentoli) 1,0 g
- Mentha piperita aetheroleum 0,08 g (muutama pisara)  
(piparminttuöljy)

#### Emulsiovoiteen valmistus

7. Punnitse huhmare. Jos käytät keraamista huhmaretta, niin laita se lämpiämään vesihauteeseen tai lämpöuuniin noin 60 asteeseen.
8. Punnitse tarkasti kaikki rasvafaasin aineosat (myös emulgaattori) puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin.
9. Lämmitä rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
10. Kiehauta vesifaasiin tarvittava steriili vesi dekanterilasissa (älä anna kiehua). Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat (myös vesifaasin emulgaattori).
11. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä se lämmitettyyn keraamiseen huhmareeseen.
12. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Kaada sitten rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana. Sekoita emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.



Rasvafaasi kannattaa sulattaa ja kuumentaa vesihauteessa, jotta se ei pääse lämpenemään liian kuumaksi.



Voidetta tule sekoittaa, kunnes se on tasaisesti jäähtynyt ja alkaa muistuttaa rakenteeltaan olla kermavaahtomaista tai vähän juoksevampaa.



Lietevoiteessa voiteen lääkkeelliset tai aktiiviset aineet lietetään voidepohjaan. Tänään valmistamme lietevoiteen, jonka aktiiviset aineet ovat piparminttuöljy ja levomentoli.

Välikysymys:

Mikä on levomentolin ja piparminttuöljyn tehtävä flunssavoiteessa?

### Lietevoiteen valmistus

6. Hierrä 1 g levomentolia huhmareessa hienoksi jauheeksi.
7. Lisää valmistamaasi emulsiovoidetta huhmareeseen geometrisen sarjan mukaisesti ja sekoita voidetta huolellisesti joka lisäyksen välissä. Kasaa ennen seuraavaa lisäystä voide huhmareen keskelle voidekorttia tai spatulaa käyttäen. *Geometrisen sarjan mukaisesti tarkoittaa, että voidetta lisätään huhmareeseen kerrallaan enintään niin monta grammaa kuin huhmareessa oleva seos painaa. Eli ensimmäinen lisäys on maksimissaan 1g ja toinen 2g jne.*
8. Lisää viimeisenä pari (2-4) pisaraa piparminttuöljyä ja sekoita huolellisesti
9. Pakkaa valmistamasi flunssavoide voidetuubiin tai purkkiin voidekorttia tai spatulaa käyttäen.
10. Valmista voiteellesi sopiva etiketti, jossa kerrot kaikki voiteeseen käyttämäsi ainesosat, niiden määrät sekä voiteen valmistuspäivämäärän.



Salvakorttia käytetään apuna voiteen sekoittamisessa ja purkittamisessa.



## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

### Flunssavoiteen valmistus



## Lääkkeenvalmistus apteekissa

- › Lääkäri voi määrätä asiakkaalle jonkin muun kuin kaupallisen valmisteon, jolloin apteekki joutuu valmistamaan lääkkeen tai tilaamaan sen toisesta apteekista, jossa on lääkevalmistusta
  - Näiden reseptien mukaan sekoitettuja valmisteita kutsutaan ex tempore –valmisteiksi
- › Jotkin käsikauppalääkkeet ovat kysyttyjä, mutta eivät kaupallisessa valmistuksessa.
  - Apteekki valmistaa kysynnän mukaan
    - › Vesirokkovoiteet
    - › Ihottumavoiteet
    - › Jotkin yskänlääkkeet





## Ennakkotehtävät

### › Mikä on emulsio?

Emulsio on kahden tai useamman toisiinsa normaalisti sekoittumattoman nesteen seos.

Emulsiossa on kaksi faasia:

- Jatkuva faasi (ulkofaasi)
- Dispergoitunut faasi (sisäfaasi)

Emulsiovoiteissa nämä kaksi faasia ovat useimmiten vesi ja öljy.

Kumpi tahansa voi toimia ulkoisena faasina. Jos vesi on jatkuva faasi on emulsiossa pieniä dispergoituneita öljypalloja vedessä (o/w) esimerkkinä maito. Tai sitten toisin päin vesipalloja öljyssä (w/o).



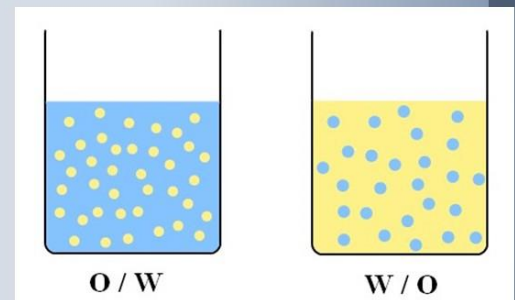
## Ennakkotehtävät

### › Jos pooliton ja poolinen neste ei normaalisti sekoitu, miten emulsio saadaan aikaan?

Emulsion muodostumiseen vaaditaan energiaa.

Useimmiten käytetään mekaanista energiaa (sekoitus).

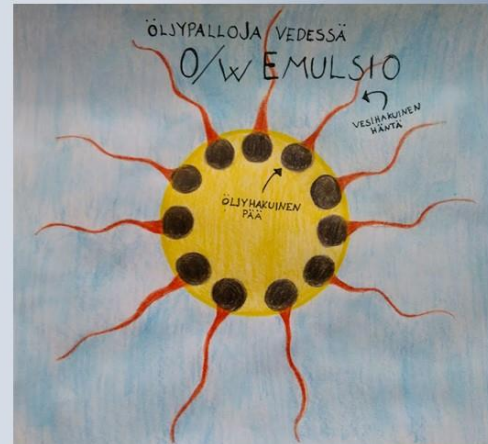
Emulsion muodostumista ja pysyvyyttä parannetaan emulgaattoreilla.





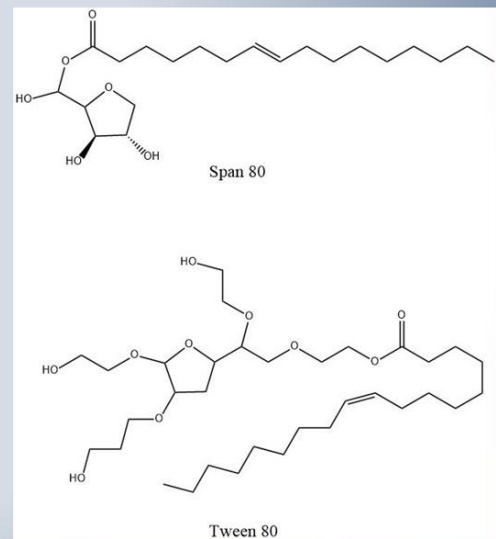
## Emulgaattorit

- › Useimmiten pinta-aktiivisia aineita
- › Vesihakuinen ja rasvahakuinen pää
- › Määrää kumpi faasi toimii ulkoisena faasina
  - Se kumpaan emulgaattori liukenee toimii ulkoisena faasina.
  - Jos käytetään kahta eri faaseihin tulevaa emulgaattoria, niin määrät ratkaisevat



## Emulgaattorit Span ja Tween

- › Kumpi on vesiliukoinen?  
Eli kumpi tulee vesifaasiin?
- Mistä näin päättelet







## Emulsiovoiteen valmistus

Ennakkotehtävä:

> Rasvafaasin muodostavat:

Parafiiniöljy, vaseliini ja SPAN80 eli sorbitaanimonoo-oleaatti

> Vesifaasin muodostavat:

Steriili vesi, glyseroli ja Tween 80 eli polysorbaatti 80

> Miksi tarinan emulsiovoide epäonnistui?

Vaseliini on rasva-hapoista muodostunut polymeeri. Liikaa kuumennettaessa sen ketjut järjestäytyvät eri tavalla, jolloin vaseliinin ominaisuudet muuttuvat.  
**ÄLÄ SIIS KUUMENNA RASVAFASIA LIIKAA!!**



## Emulsiovoiteen valmistus

Tarvikkeet:

1 Huhmare

1 Survin

2 x100 ml dekanterilasi

Lasisauva

Lämpölevy

Vesihaude

Salvakortti tai spatula

Voidetuubi 100g

Voidepohja:

Vaselinium (Vaseliini) 10,0 g

Glyseroli 6,5 g

Parafinum liquidum (parafiiniöljy) 23,0 g

Aqua purificata (steriili vesi) 20,0 g

Span 80 (sorbitaanimonoo-oleaatti) 5,5 g

Tween 80 (polysorbaatti 80) 1,0 g

Aktiiviset aineet

Mentholum (levomentoli) 1,0 g

Mentha piperita aetheroleum  
(piparminttuöljy) 0,08 g

Huhmare, survin ja salvakortti





## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

Tässä työssä valmistetaan itse emulsiovoide ja tehdään siitä tukkoisuutta avaava flunssavoide lisäämällä siihen eteerisiä öljyjä.

Ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävä on tehtävä ennen laboratorioon tuloa.

Työn tavoitteena on

- kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet
- oppia päättämään orgaanisten yhdisteiden liukoisuutta poolisiin ja poolittomiin liuottimiin
- oppia uusia työmenetelmiä: Emulsio- ja lietevoiteen valmistus

Työn rakenne

- Ennakkotehtävä 20 min
- Virittäytyminen 30 min

### Ennakkotehtäviä

2. *Muistuta mieleesi:*

- Mitä tarkoitetaan emulsiolla
- Mitä tarvitaan emulsion muodostumiseen
- Mitä tekee emulgaattori ja minkälaisia aineita emulgaattorit ovat

3. *Kokeile kotona tai tehkää demonstraationa koulussa:*

Laita kahteen lasiin ruokaöljyä (1/4 dl) ja etikkaa tai vettä (1/2 dl). Lisää toiseen lasiin kananmunan keltuainen. Vatkaa kummankin lasin sisältö sekaisin vispilällä. Mitä havaitset? Selitä havaintosi.

### Virittäytyminen

Kemian tietämys on tärkeää kaikille lääkealalla työskenteleville (lääkärit, hoitajat, apteekin henkilökunta, lääkealan tutkijat). Suurin osa lääkkeistä on orgaanisia molekyylejä, jotka saavat kehossamme aikaan niin toivottuja, kuin myös ei niin toivottuja (haittavaikutukset) kemiallisia ja entsymaattisia reaktioita. Etenkin lääkkeiden valmistuksessa ja kehittämisessä tarvitaan vankkaa kemian tietämystä ja tuntemusta.

Tiesitkö, että kaikki apteekkien lääkkeet eivät ole teollisuudessa valmistettuja, vaan apteekit voivat lääkärin määräyksestä tai riittävän asiakaskysynnän vuoksi valmistaa sellaisia lääkevalmisteita paikan päällä, joita lääkefirmat eivät valmista kaupallisesti. Tällaisia valmisteita ovat tyypillisesti jotkin ihottumavoiteet, jotkin yskänlääkkeet, keskosten lääkkeet ja jotkin eläintenlääkkeet.

## Ongelma apteekissa

Olet opiskelemassa lääketeknikoksi tai farmaseutiksi. On toinen opiskeluvuotesi ja olet suorittamassa ensimmäistä työharjoitteluasi yhdessä Helsingin apteekeista. Sait ensimmäiseksi lääkkeenvalmistustehtäväksesi valmistaa flunssavoiteen helpottamaan apteekissa sattumalta asioivan vanhan lukiokaverisi tukkoista oloa ja yöllisiä yskänkohtauksia.

Flunssavoide sisältää seuraavat ainesosat:

### Voidepohja

- |                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| ○ Vaselineum (Vaseliini)          | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                       | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum              | 20,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi) | 20,0 g |

### Emulgaattorit

- |                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimonoo-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)         | 1,0 g |

### Aktiiviset aineet

- |                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)     | 0,8 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum | 0,08 g (muutama pisara) |
| (piparminttuöljy)             |                         |



Huhmare ja survin ovat käsin tapahtuvan lääkevalmistuksen perus työvälineet.

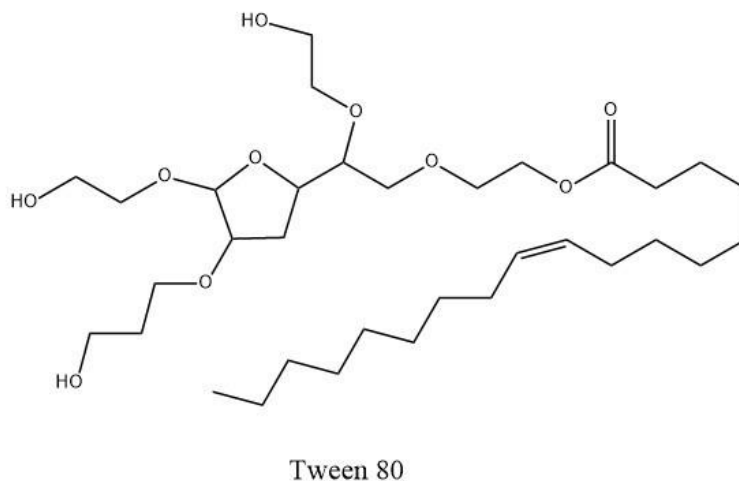
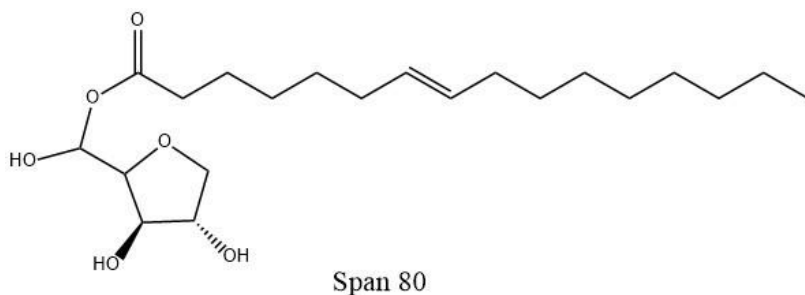
Nyt toivoisit, ettet olisi ollut unessa lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla, sillä voiteen tekeminen ei millään ota onnistuakseen. Sait laboratorioassistentilta kirjalliset ohjeet voiteen tekemistä varten, mutta ne eivät ole kovinkaan yksityiskohtaiset. Muistat koulusta, että ensin pitäisi valmistaa emulsiovoide ja valmiiseen emulsioon lietetään aktiiviset aineet, mutta miten ihmeessä emulsiovoide valmistettiin?

Ohjeen ensimmäisellä rivillä käsketään punnitsemaan lämmitystä kestävään 100 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat sekä rasvafaasin emulgaattori. Muistelet nyt, että emulsio koostuu aina vähintään kahdesta toisiinsa normaalisti sekoittumattomasta nestemäisestä faasista.

Ainesosista päätellen tässä voiteessa nämä faasit taitavat olla rasvafaasi ja vesifaasi. Mistä tietää, mitkä emulsiovoiteen ainesosat kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä siihen toiseen eli vesifaasiin? Muut ainesosat osaat ehkä päätelläkin tai etsiä oikeat vastaukset netistä sekä kemian kirjasta, mutta kumpi emulgaattori kuuluu rasva-faasiin ja vesifaasiin?

Alat kiireesti googlettamaan vastauksia ja löydät Span 80 ja Tween 80 emulgaattoreiden rakennekaavat:





Onneksi et sentään nukkunut kaikkia kemian tunteja. sillä rakennekaavoista huomaat toisen emulgaattorin olevan varmasti paremmin rasvaliukoinen, eli sen täytyy toimia rasva-faasin emulgaattorina. Täten:

*rasvafaasin emulgaattorina toimii:*

Ja

*vesifaasin emulgaattorina toimii:*

Huh, nyt faasien vaikeimmat aineet on ratkaistu. Enää tarvitsee vain jakaa muut voidepohjan ainesosat rasva- ja vesifaaseihin niiden liukoisuuden perustella. Tee se tähän alle:

*Rasvafaasin muodostavat:*

*Vesifaasin muodostavat:*

Nyt kun olet selvittänyt mitkä lähtöaineet kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin voidaankin aloittaa voiteen valmistus. Ohje voiteen valmistamiseksi on kokonaisuudessaan tässä alla. Lue se läpi huolellisesti.

11. Punnitse tarkasti puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat, myös emulgaattori.
12. Sulata rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
13. Kiehauta dekanterilasissa (älä anna kiehua) vesifaasiin tarvittava steriili vesi. Lisää sen jälkeen veteen kaikki vesifaasin ainesosat, myös emulgaattori.
14. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä lämpöuunissa lämmitettyyn keraamiseen huhmareeseen.
15. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Sitten kaada rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana ja emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.

Eihän tämä vaikealta kuulosta ajattelit ja rupeat tuumasta toimeen.

Punnitset rasvafaasin aineet dekanterilasiin ja jätät sen lämpölevylle kuumenemaan, jottei se ehtisi jäähtyä sillä välin, kun lämmität vesifaasia.

Kiehautat veden toisessa dekanterilasissa. Sitten otat dekanterilasin pois levyltä ja sekoitat sinne vesifaasin muut ainesosat ja lämmität vesifaasin uudestaan 70 asteeseen. Sitten odotellaan, että rasvafaasi jäähtyisi myös 70 asteeseen.

Kun rasvafaasi on vihdoinkin jäähtynyt lähelle 70 astetta, kaadat vesifaasin huhmareeseen ja lisäät rasvafaasin ohuena nauhana huolellisesti sekoittaen. Mutta voi kauhistus! Eihän siitä tullut lainkaan emulsiota.

Osaatko arvata mitä olisi pitänyt tehdä eri tavalla?

Kirjoita arviosi ylös, jotta muistat mitä ei pidä tehdä, kun tämä flunssavoide valmistetaan seuraavalla oppitunnilla.

## Työn suoritus (laboratoriossa tehtävä osuus)

### Emulsiovoiteen valmistus

#### Tarvikkeet:

##### Välineet

- 1 Huhmare
- 1 Survin
- 2 puhdasta ja kuivattua 100 ml dekanterilasia
- Lasisauva
- Lämpölevy
- Vesihaude
- Salvakortti tai spatula
- Voidetuubi tai purkki (100g)

##### Voidepohja

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| ○ Vaselinium (Vaseliini)             | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                          | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum (parafiiniöljy) | 23,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi)    | 20,0 g |

##### Emulgaattorit

- |                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimono-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)        | 1,0 g |

##### Aktiiviset aineet

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                       | 1,0 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum (piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |



Huhmare, survin ja salvakortti

## Emulsiovoiteen valmistus

13. Jos käytät keraamista huhmaretta, niin laita se lämpiämään vesihauteeseen tai lämpöuuniin noin 60 asteeseen. Jos käytössäsi on metallinen huhmare, voit valmistaa toisen faasin suoraan siihen.
14. Punnitse tarkasti kaikki rasvafaasin aineosat (myös emulgaattori) puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin.
15. Lämmitä rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
16. Kiehauta vesifaasiin tarvittava steriili vesi dekanterilasissa (älä anna kiehua). Lisää sitten veteen loput vesifaasin ainesosat.
17. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä se lämmitettyyn keraamiseen huhmareeseen.
18. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Kaada sitten rasvafaasi vesifaasiin ohuena nauhana. Sekoita emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt.



Rasvafaasi kannattaa sulattaa ja kuumentaa vesihauteessa, jotta se ei pääse lämpenemään liian kuumaksi.



Voidetta tule sekoittaa, kunnes se on tasaisesti jäähtynyt ja alkaa rakenteeltaan olla kermavaahtomaista tai vähän juoksevampaa.

## 2. Lietevoitteen valmistus

Lietevoitteessa voiteen lääkkeelliset tai aktiiviset aineet lietetään voidepohjaan. Tänään valmistamme lietevoiteen, jonka aktiiviset aineet ovat piparminttuöljy ja levomentoli.

Mikä on mentolin ja piparminttuöljyn tarkoitus voiteessa?

### Lietevoitteen valmistus

11. Hierrä 1 g levomentolia huhmareessa hienoksi jauheeksi.
12. Lisää valmistamaasi emulsiovoidetta huhmareeseen geometrisen sarjan mukaisesti ja sekoita voidetta huolellisesti joka lisäyksen välissä. Kasaa ennen seuraavaa lisäystä voide huhmareen keskelle voidekorttia tai spatulaa käyttäen. *Geometrisen sarjan mukaisesti tarkoittaa, että voidetta lisätään huhmareeseen kerrallaan enintään niin monta grammaa kuin huhmareessa oleva seos painaa. Eli ensimmäinen lisäys on maksimissaan 1g ja toinen 2g jne.*
13. Lisää viimeisenä pari (2-4) pisaraa piparminttuöljyä ja sekoita huolellisesti
14. Pakkaa valmistamasi flunssavoide voidetuubiin tai purkkiin voidekorttia tai spatulaa käyttäen.



Salvakorttia käytetään apuna voiteen sekoittamisessa ja purkittamisessa.

## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

Tässä työssä valmistetaan itse emulsiovoide ja tehdään siitä tukkoisuutta avaava flunssavoide emulsiovoiteesta, mentolista ja eteerisistä öljyistä.

Ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävä on tehtävä ennen laboratorioon tuloa.

Ryhmätehtävän ei ole välttämätön lääkevoiteen valmistuksen kannalta. Siinä pohditaan lääkejätteisiin liittyviä seikkoja ja kestävää kehitystä.

Työn tavoitteena on

- kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet
- oppia pääättelemään orgaanisten yhdisteiden liukoisuutta poolisiin ja poolittomiin liuottimiin
- oppia uusia työmenetelmiä: emulsio- ja lietevoiteen valmistus
- oppia, että kemian taitoja sekä tietoja tarvitaan monissa ammateissa esimerkiksi lääketeknikkona, farmaseuttina tai proviisorina.

Työn rakenne

- |                   |                               |           |
|-------------------|-------------------------------|-----------|
| • Ennakkotehtävät | 10 min                        |           |
| • Virittäytyminen | 30 min                        |           |
| • Työn suoritus   |                               | 90 min    |
| • Ryhmätehtävä    | : lääkkeet ja kestävä kehitys | 0-120 min |

### Ennakkotehtäviä

#### 4. Selvitä:

- Miten emulsio muodostuu. Mitä emulsioita tiedät arkielämästä?
- Mikä on emulgaattori (minkälainen aine ja mikä on sen tehtävä emulsiovoiteessa)
- Monille lääkealalla työskenteleville kemian tuntemus on tärkeää. Mainitse neljä lääkealaan liittyvää ammattia, jossa kemian tietämys on mielestäsi hyödyksi ja perustele valintasi.
- *Kokeile kotona tai tehkää demonstraationa koulussa:*  
Laita kahteen lasiin ruokaöljyä (1/4 dl) ja etikkaa tai vettä (1/2 dl). Lisää toiseen lasiin kananmunan keltuainen. Vatkaa kummankin lasin sisältö sekaisin vispilällä. Mitä havaitset? Selitä havaintosi.

## Virittäytyminen

Kemian tietämys on tärkeää kaikille lääkealalla työskenteleville (lääkärit, hoitajat, apteekin henkilökunta, lääkealan tutkijat). Suurin osa lääkkeistä on orgaanisia molekyylejä, jotka saavat kehossamme aikaan niin toivottuja, kuin myös ei toivottuja (haittavaikutukset) kemiallisia ja entsyymaattisia reaktioita. Etenkin lääkkeiden valmistuksessa, kehittäelyssä sekä lääkeaineen reaktioiden ennustamisessa kehossa tarvitaan vankkaa kemian tietämystä ja tuntemusta.

Tiesitkö, että kaikki apteekkien lääkkeet eivät ole teollisuudessa valmistettuja, vaan apteekit voivat lääkärin määräyksestä tai riittävän asiakaskysynnän vuoksi valmistaa sellaisia lääkevalmisteita paikan päällä, joita lääkefirmat eivät valmista kaupallisesti. Tällaisia valmisteita ovat tyypillisesti jotkin ihottumavoiteet, jotkin yskänlääkkeet, keskosten lääkkeet ja jotkin eläinlääkkeet.

### *Ongelma apteekissa*

Olet opiskelemassa lääketeknikoksi tai farmaseutiksi. On toinen opiskeluvuotesi ja olet suorittamassa ensimmäistä työharjoitteluasi yhdessä Helsingin apteekeista. Sait ensimmäiseksi lääkkeenvalmistustehtäväksesi valmistaa flunssavoiteen helpottamaan apteekissa sattumalta asioivan vanhan lukiokaverisi tukkoista oloa ja yöllisiä yskänkohtauksia.

Flunssavoide sisältää seuraavat ainesosat:

#### Voidepohja

- Vaselineum (Vaseliini) 10,0 g
- Glyseroli 6,5 g
- Parafinum liquidum (parafiiniöljy) 20,0 g
- Aqua purificata (steriili vesi) 20,0 g

#### Emulgaattorit

- Span 80 (sorbitaanimonooleaatia) 5,5 g
- Tween 80 (polysorbaatti 80) 1,0 g

#### Aktiiviset aineet

- Mentholum (levomentoli) 0,8 g
- Mentha piperita aetheroleum 0,08 g (muutama pisara)  
(piparminttuöljy)



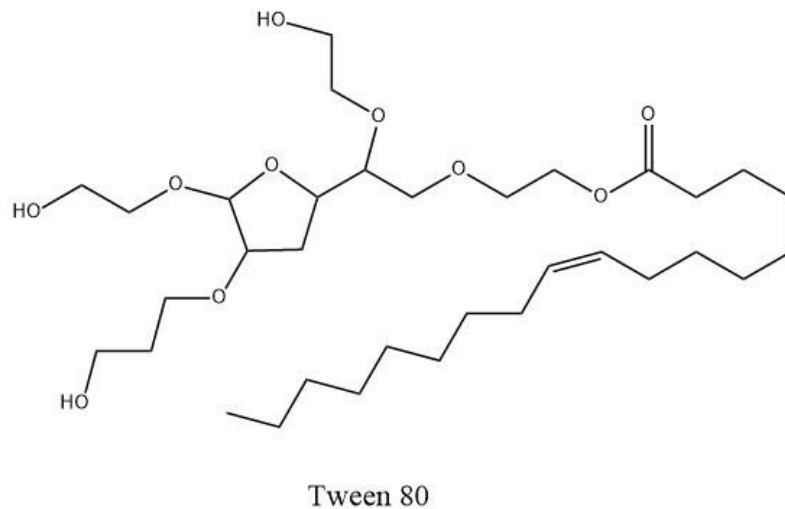
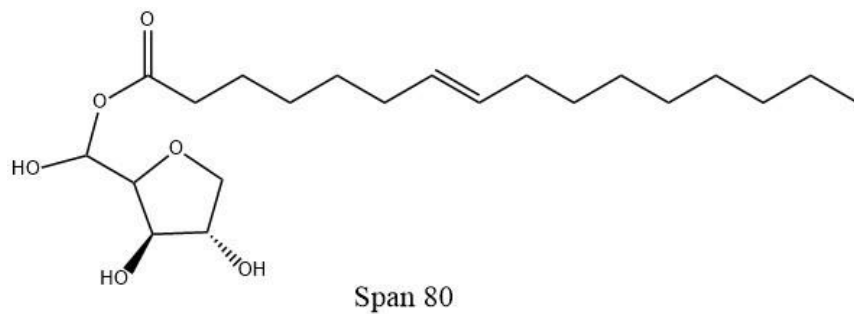
Huhmare ja survin ovat käsin tapahtuvan lääkevalmistuksen perus työvälineet.

Nyt toivoisit, ettet olisi ollut unessa lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla, sillä voiteen tekeminen ei millään ota onnistuakseen. Sait laboratorioassistentilta kirjalliset ohjeet voiteen tekemistä varten, mutta ne eivät ole kovinkaan yksityiskohtaiset. Muistat koulusta, että ensin pitäisi valmistaa emulsiovoide ja valmiiseen emulsioon lietetään aktiiviset aineet, mutta miten ihmeessä emulsiovoide valmistettiin?

Ohjeen ensimmäisellä rivillä lukee punnitse lämmitystä kestäväan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat ja rasvafaasin emulgaattori. Mistä tietää mitkä emulsiovoiteen ainesosat kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin? Nämä osaat ehkä päätelläkin tai etsiä oikeat vastaukset nettiä tai kemian kirjoja hyväksikäyttäen.

Mutta entä kumpi emulgaattori kuuluu kumpaan faasiin?

Alat kiireesti googlettamaan vastauksia ja löydät Span 80 ja Tween 80 emulgaattoreiden rakennekaavat.



Onneksi et sentään nukkunut kaikkia kemian tunteja, sillä rakennekaavojen perusteella osaat päätellä, että:

rasvafaasin emulgaattorina toimii:

Ja

vesifaasin emulgaattorina toimii:



Huh, nyt faasien vaikeimmat aineet on ratkaistu. Enää tarvitsee vain jakaa muut voidepohjan ainesosat rasva- ja vesifaaseihin. Tee se tähän alle:

*Rasvafaasin muodostavat:*

*Vesifaasin muodostavat:*

Nyt kun olet selvittänyt mitkä lähtöaineet kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin voidaan aloittaa voiteen valmistus. Ohje voiteen valmistamiseksi on kokonaisuudessaan tässä alla. Lue se läpi huolellisesti.

1. Punnitse tarkasti puhtaaseen ja täysin kuivaan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin ainesosat, myös emulgaattori.
2. Sulata rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
3. Kiehauta dekanterilasissa (älä anna kiehua) vesifaasiin tarvittava steriili vesi. Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat, myös emulgaattori.
4. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä lämpöuunissa lämmitettyyn (ja punnittuun) keraamiseen huumareeseen.
5. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Sitten kaada rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana ja emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.

Eihän tämä vaikealta kuulosta ajattelit ja rupeat tuumasta toimeen.

Punnitset rasvafaasin aineet dekanterilasiin ja jätät sen lämpölevylle kuumenemaan, jottei se ehtisi jäähtyä sillä välin kun lämmität vesifaasia.

Kiehautat veden toisessa dekanterilasissa. Sitten otat dekanterilasin pois levyltä ja sekoitit sinne vesifaasin muut ainesosat ja lämmität vesifaasin uudestaan 70 asteeseen. Sitten odotellaan, että rasvafaasi jäähtyisi myös 70 asteeseen.

Kun rasvafaasi on vihdoinkin jäähtynyt lähelle 70 astetta, kaadat vesifaasin huumareeseen ja lisäät rasvafaasin ohuena nauhana huolellisesti sekoittaen. Mutta voi kauhistus! Eihän siitä tullut lainkaan emulsiota.

Osaatko arvata mitä olisi pitänyt tehdä eri tavalla?

Kirjoita arviosi ylös, jotta muistat mitä ei pidä tehdä, kun tämä flunssavoide valmistetaan seuraavalla oppitunnilla.

## Työn suoritus (laboratoriossa tehtävä osuus)

### 1. Emulsiovoiteen valmistus

#### Tarvikkeet:

##### Välineet

- 1 Huhmare
  - 1 Survin
  - 2 puhdasta ja kuivattua 100 ml dekanteri
  - Lasisauva
  - Lämpölevy
  - Vesihaude
  - Salvakortti tai spatula
  - Voidetuubi tai purkki (100g)
- Huhmare, survin ja salvakortti



##### Voidepohja

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| ○ Vaselinium (Vaseliini)             | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                          | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum (parafiiniöljy) | 23,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi)    | 20,0 g |

##### Emulgaattorit

- |                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimonoo-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)         | 1,0 g |

##### Aktiiviset aineet

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                       | 1,0 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum (piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |

## Emulsiovoiteen valmistus

1. Punnitse huumare. Jos käytät keraamista huumarettia, niin laita se lämpiämään vesihauteeseen tai lämpöuuniin noin 60 asteeseen.
2. Punnitse tarkasti kaikki rasvafaasin aineosat (myös emulgaattori) puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin.
3. Lämmitä rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
4. Kiehauta vesifaasiin tarvittava steriili vesi dekanterilasissa (älä anna kiehua). Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat (myös vesifaasin emulgaattori).
5. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä se lämmitettyyn keraamiseen huumareeseen.
6. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Kaada sitten rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana. Sekoita emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.



Rasvafaasi kannattaa sulattaa ja kuumentaa vesihauteessa, jotta se ei pääse lämpenemään liian kuumaksi.



Voidetta tule sekoittaa, kunnes se on tasaisesti jäähtynyt ja alkaa muistuttaa rakenteeltaan kermavaahtoa.

## 2.Lietevoiteen valmistus

Lietevoiteessa voiteen lääkkeelliset tai aktiiviset aineet lietetään voidepohjaan. Tänään valmistamme lietevoiteen, jonka aktiiviset aineet ovat piparminttuöljy ja levomentoli.

Välikysymys:

Mikä on levomentolin ja piparminttuöljyn tehtävä flunssavoiteessa?

### Lietevoiteen valmistus

15. Hierrä 1 g levomentolia huhmareessa hienoksi jauheeksi.
16. Lisää valmistamaasi emulsiovoidetta huhmareeseen geometrinen sarjan mukaisesti ja sekoita voidetta huolellisesti joka lisäyksen välissä. Kasaa ennen seuraavaa lisäystä voide huhmareen keskelle voidekorttia tai spatulaa käyttäen. *Geometrisen sarjan mukaisesti tarkoittaa, että voidetta lisätään huhmareeseen kerrallaan enintään niin monta grammaa kuin huhmareessa oleva seos painaa. Eli ensimmäinen lisäys on maksimissaan 1g ja toinen 2g jne.*
17. Lisää viimeisenä pari (2-4) pisaraa piparminttuöljyä ja sekoita huolellisesti
18. Pakkaa valmistamasi flunssavoide voidetuubiin tai purkkiin voidekorttia tai spatulaa käyttäen.
19. Valmista voiteellesi sopiva etiketti, jossa kerrot kaikki voiteeseen käyttämäsi ainesosat, niiden määrät sekä voiteen valmistuspäivämäärän.



Salvakorttia käytetään apuna voiteen sekoittamisessa ja purkittamisessa.

## 5. Ryhmätehtävä: Lääkejätteet

*Tee nämä tehtävät parin kanssa tai pienessä ryhmässä. Pyrkikää perustelemaan kaikki vastaukset tosillenne ja saamaan aikaan keskustelua ryhmänne sisällä. Käyttäkää tiedonhakuun internetiä, mutta arvioikaa aina käyttämänne lähteen luotettavuus.*

1. Valmistamaanne voidetta ei lasketa lääkejätteeksi, sillä se ei sisällä lääkeaineeksi rekisteröityjä aineita. Voiko voiteen siis hävittää sekajätteeseen? (Vinkki, tutki ovatko voiteen sisältämät ainesosat ympäristölle vaarallisia)
2. Mihin kotitalouksissa syntyvä lääkejäte vietään ja miten lääkejätteet käsitellään Suomessa?
3. Miksi lääkejäte käsitellään ongelmajätteenä?
4. Suomalaiset tuovat lääkejätteeksi noin 100 miljoonan euron edestä reseptilääkkeitä vuosittain. Yhteiskunta maksaa näistä reseptilääkkeistä kelakorvauksina noin 63-83 miljoonaa euroa.  
Mieti ryhmäsi kanssa syitä sille, miksi lääkejätettä syntyy näin paljon? Entä miten lääkejätteen määrää voisi mielestänne vähentää?



## Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana

Tässä työssä valmistetaan itse emulsiovoide ja tehdään siitä tukkoisuutta avaava flunssavoide emulsiovoiteesta, mentolista ja eteerisistä öljyistä.

Ennakkotehtävät ja virittäytymistehtävä on tehtävä ennen laboratorioon tuloa.

Ryhmätehtävän ei ole välttämätön lääkevoiteen valmistuksen kannalta. Siinä pohditaan lääkejätteisiin liittyviä seikkoja ja kestävää kehitystä.

Työn tavoitteena on

- kerrata emulsion ja emulgaattorin käsitteet
- oppia pääättelemään orgaanisten yhdisteiden liukoisuutta poolisiin ja poolittomiin liuottimiin
- oppia uusia työmenetelmiä: emulsio- ja lietevoiteen valmistus
- oppia, että kemian taitoja sekä tietoja tarvitaan monissa ammateissa esimerkiksi lääketeknikkona, farmaseuttina tai proviisorina.

Työn rakenne

- |  |           |
|--|-----------|
| • Ennakkotehtävät                            | 10 min    |
| • Virittäytyminen                            | 30 min    |
| • Työn suoritus                              | 90 min    |
| • Ryhmätehtävä : lääkkeet ja kestävä kehitys | 0-120 min |

### Ennakkotehtäviä

*Selvitä:*

- Miten emulsio muodostuu. Mitä emulsioita tiedät arkielämästä?  
Emulsio on kahden toisiinsa sekoittumattoman nesteen dispersio eli seos. Emulsion kahta eri nesteosaa kutsutaan faaseiksi. Nämä toisiinsa normaalisti sekoittumattomat nesteet (useimmiten öljy ja vesi) saadaan emulgoitua energian avulla. Yleensä apuna käytetään myös pinta-aktiivisia aineita eli emulgaattoreita, jotka alentavat nestefaasien välistä pintajännitystä. Emulgoitumisessa toinen faaseista hajoaa pieniksi 1-10 nm kokoisiksi palloiksi ja sekoituu dispergoitumattomaan faasiin.

Dispergoitumatonta faasia kutsutaan ulkofaasiksi tai jatkuvaksi faasiksi.

Dispergoitunutta faasia sisäfaasiksi. Yleisimmät emulsiot ovat vesi-öljyssä – emulsio (W/O), jossa vesi on dispergoitunut öljyfaasiin ja öljy-vedessä-emulsio (O/W), jossa öljy on dispergoituneena veteen.

Emulsio kuuluu heterogeenisiin seoksiin, vaikka paljaalla silmällä tarkasteltuna vaikuttaa homogeeniselta.

Arkielämästä monille tuttuja emulsioita ovat esimerkiksi kosteusvoiteet, maito ja majoneesi.

- Mikä on emulgaattori (minkälainen aine ja mikä on sen tehtävä emulsiovoiteessa) Emulgaattori mahdollistaa emulsion muodostumisen vähentämällä faasien välistä pintajännitystä. Lisäksi emulgaattori stabiloi emulsiota, eli estää emulsion purkautumista. Pinta-aktiiviset aineet hakeutuvat faasien rajapinnoille, siten että rasvahakuinen häntä hakeutuu rasvafaasiin ja vesihakuinen pää vesifaasiin (misellin muodostus).
- Monille lääkealalla työskenteleville kemian tuntemus on tärkeää. Mainitse neljä lääkealaan liittyvää ammattia, jossa kemian tietämys on mielestäsi hyödyksi ja perustele valintasi.  
Lääkäri: Täytyy tietää lääkkeiden vaikutusmekanismit elimistössä sekä miten lääke imeytyy, eliminoiduu ja erittyy.  
Farmaseutti ja proviisori: Lääkkeenvalmistus vaatii kemian osaamista.  
Laboratorioanalytikko: Lääkkeiden laadunvalvonta suoritetaan kemiallisilla ja fysikaalisilla analyyseillä  
Kemisti: Kemistikin voi tehdä lääkkeiden laadun valvontaa tai esimerkiksi tutkijana kehittää lääkeaineita ja etsiä uusia lääkeaineita.
- *Kokeile kotona tai tehkää demonstraationa koulussa:*  
Laita kahteen lasiin ruokaöljyä (1/4 dl) ja etikkaa tai vettä (1/2 dl). Lisää toiseen lasiin kananmunan keltuainen. Vatkaa kummankin lasin sisältö sekaisin vispilällä. Mitä havaitset? Selitä havaintosi.

## Virittäytyminen

Kemian tietämys on tärkeää kaikille lääkealalla työskenteleville (lääkärit, hoitajat, apteekin henkilökunta, lääkealan tutkijat). Suurin osa lääkkeistä on orgaanisia molekyylejä, jotka saavat kehossamme aikaan niin toivottuja, kuin myös ei toivottuja (haittavaikutukset) kemiallisia ja entsyymaattisia reaktioita. Etenkin lääkkeiden valmistuksessa, kehittäessä sekä lääkeaineen reaktioiden ennustamisessa kehossa tarvitaan vankkaa kemian tietämystä ja tuntemusta.

Tiesitkö, että kaikki apteekkien lääkkeet eivät ole teollisuudessa valmistettuja, vaan apteekit voivat lääkärin määräyksestä tai riittävän asiakaskysynnän vuoksi valmistaa sellaisia lääkevalmisteita paikan päällä, joita lääkefirmat eivät valmista kaupallisesti. Tällaisia valmisteita ovat tyypillisesti jotkin ihottumavoiteet, jotkin yskänlääkkeet, keskosten lääkkeet ja jotkin eläinlääkkeet.

## Ongelma apteekissa

Olet opiskelemassa lääketeknikoksi tai farmaseutiksi. On toinen opiskeluvuotesi ja olet suorittamassa ensimmäistä työharjoitteluasi yhdessä Helsingin apteekeista. Sait ensimmäiseksi lääkkeenvalmistustehtäväksesi valmistaa flunssavoiteen helpottamaan apteekissa sattumalta asioivan vanhan lukiokaverisi tukkoista oloa ja yöllisiä yskänkohtauksia.

Flunssavoide sisältää seuraavat ainesosat:

### Voidepohja

- Vaselineum (Vaseliini) 10,0 g
- Glyseroli 6,5 g
- Parafinum liquidum (parafiiniöljy) 20,0 g
- Aqua purificata (steriili vesi) 20,0 g

### Emulgaattorit

- Span 80 (sorbitaanimonoo-oleaattia) 5,5 g
- Tween 80 (polysorbaatti 80) 1,0 g

### Aktiiviset aineet

- Mentholum (levomentoli) 0,8 g
- Mentha piperita aetheroleum 0,08 g (muutama pisara)  
(piparminttuöljy)



Huhmare ja survin ovat käsin tapahtuvan lääkevalmistuksen perus työvälineet.

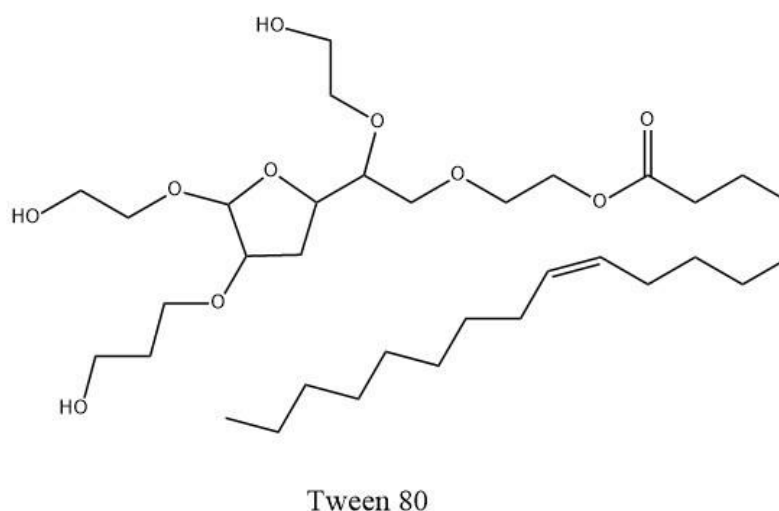
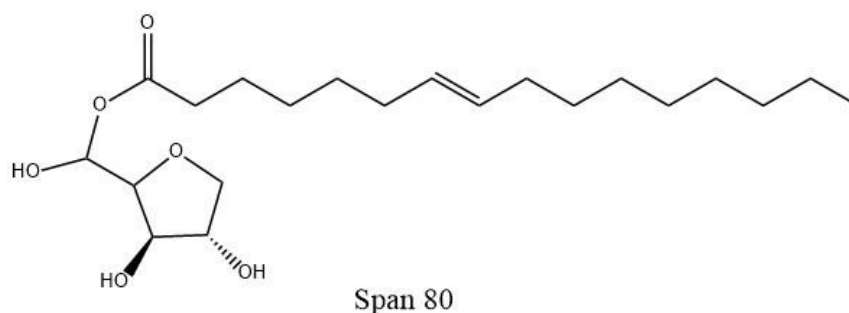
Nyt toivoisit, ettet olisi ollut unessa lääkkeenvalmistusta käsittelevillä luennoilla, sillä voiteen tekeminen ei millään ota onnistuakseen. Sait laboratorioassistentilta kirjalliset ohjeet voiteen tekemistä varten, mutta ne eivät ole kovinkaan yksityiskohtaiset. Muistat koulusta, että ensin pitäisi valmistaa emulsiovoide ja valmiiseen emulsioon lietetään aktiiviset aineet, mutta miten ihmeessä emulsiovoide valmistettiin?

Ohjeen ensimmäisellä rivillä lukee punnitse lämmitystä kestäväään 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin ainesosat ja rasvafaasin emulgaattori. Mistä tietää mitkä emulsiovoiteen ainesosat kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin? Nämä osaat ehkä päätelläkin tai etsiä oikeat vastaukset nettiä tai kemian kirjoja hyväksikäyttäen.

Mutta entä kumpi emulgaattori kuuluu kumpaan faasiin?

Alat kiireesti googlettamaan vastauksia ja löydät Span 80 ja Tween 80 emulgaattoreiden rakennekaavat.





Onneksi et sentään nukkunut kaikkia kemian tunteja, sillä rakennekaavojen perusteella osaat päätellä, että:

rasvafaasin emulgaattorina toimii: [Span 80](#), Sorbitaanimono-oleaatilla on pitkä ja haarautumaton häntä, joka tekee molekyylistä hyvin rasvaliukoisen ja heikosti vesiliukoisen.

Ja

vesifaasin emulgaattorina toimii: [Tween 80](#), polysorbaatti 80:n ketju on haarautuneempi, kuin sorbitaanimono-oleaatti 80:n. Tämän emulgaattorin hydroksyylioryhmät ovat myös kauempana toisistaan ja näin vesihakuinen osa on laajempi kuin Span 80:n.

Huh, nyt faasien vaikeimmat aineet on ratkaistu. Enää tarvitsee vain jakaa muut voidepohjan ainesosat rasva- ja vesifaaseihin. Tee se tähän alle:

*Rasvafaasin muodostavat:* [Parafiiniöljy](#), [vaseliini](#), [Span 80](#)

*Vesifaasin muodostavat:* [Puhdistettu vesi](#), [glyseroli](#), [Tween 80](#)

Nyt kun olet selvittänyt mitkä lähtöaineet kuuluvat rasvafaasiin ja mitkä vesifaasiin voidaan aloittaa voiteen valmistus. Ohje voiteen valmistamiseksi on kokonaisuudessaan tässä alla. Lue se läpi huolellisesti.

1. Punnitse tarkasti puhtaaseen ja täysin kuivaan 200 ml dekanterilasiin kaikki rasvafaasin aineosat, myös emulgaattori.
2. Sulata rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
3. Kiehauta dekanterilasissa (älä anna kiehua) vesifaasiin tarvittava steriili vesi. Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat, myös emulgaattori.
4. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä lämpöuunissa lämmitettyyn (ja punnittuun) keraamiseen huumareeseen.
5. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Sitten kaada rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana ja emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.

Eihän tämä vaikealta kuulosta ajattelit ja rupeat tuumasta toimeen.

Punnitset rasvafaasin aineet dekanterilasiin ja jätät sen lämpölevylle kuumenemaan, jottei se ehtisi jäähtyä sillä välin kun lämmität vesifaasia.

Kiehautat veden toisessa dekanterilasissa. Sitten otat dekanterilasin pois levyltä ja sekoitit sinne vesifaasin muut ainesosat ja lämmität vesifaasin uudestaan 70 asteeseen. Sitten odotellaan, että rasvafaasi jäähtyisi myös 70 asteeseen.

Kun rasvafaasi on vihdoon jäähtynyt lähelle 70 astetta, kaadat vesifaasin huumareeseen ja lisäät rasvafaasin ohuena nauhana huolellisesti sekoittaen. Mutta voi kauhistus! Eihän siitä tullut lainkaan emulsiota.

Osaatko arvata mitä olisi pitänyt tehdä eri tavalla?

Vaseliinia muodostuu erimittaisista hiiliketjuista, jotka on saatu raakaöljyn jalostuksen tuotteena. Näiden ketjujen välillä vallitsee heikkoja Van der Waalsin voimia.

Lämmitettäessä nämä heikot sidokset katkeavat. Liikaa kuumennettaessa vaseliinin muoto muuttuu kiteiseksi ja valkovaseliinin väri kellertäväksi.

Huumare, survin ja salvakortti



## Työn suoritus (laboratoriossa tehtävä osuus)

### 1. Emulsiovoiteen valmistus

#### Tarvikkeet:

##### Välineet

- 1 Huhmare
- 1 Survin
- 2 puhdasta ja kuivattua 100 ml dekanterilasia
- Lasisauva
- Lämpölevy
- Vesihaude
- Salvakortti tai spatula
- Voidetuubi tai purkki (100g)

##### Voidepohja

- |                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| ○ Vaselinium (Vaseliini)             | 10,0 g |
| ○ Glyseroli                          | 6,5 g  |
| ○ Parafinum liquidum (parafiiniöljy) | 23,0 g |
| ○ Aqua purificata (steriili vesi)    | 20,0 g |

##### Emulgaattorit

- |                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| ○ Span 80 (sorbitaanimono-oleaattia) | 5,5 g |
| ○ Tween 80 (polysorbaatti 80)        | 1,0 g |

##### Aktiiviset aineet

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| ○ Mentholum (levomentoli)                          | 1,0 g                   |
| ○ Mentha piperita aetheroleum<br>(piparminttuöljy) | 0,08 g (muutama pisara) |

## Emulsiovoiteen valmistus

1. Punnitse huumare. Jos käytät keraamista huumarettia, niin laita se lämpiämään vesihauteeseen tai lämpöuuniin noin 60 asteeseen.
2. Punnitse tarkasti kaikki rasvafaasin aineosat (myös emulgaattori) puhtaaseen ja täysin kuivaan 100 ml dekanterilasiin.
3. Lämmitä rasvafaasi vesihauteella noin 70 asteiseksi.
4. Kiehauta vesifaasiin tarvittava steriili vesi dekanterilasissa (älä anna kiehua). Lisää kiehautettuun, mutta ei enää kiehuvaan veteen kaikki vesifaasin ainesosat (myös vesifaasin emulgaattori).
5. Lämmitä vesifaasi 60-70 asteen lämpöiseksi ja siirrä se lämmitettyyn keraamiseen huumareeseen.
6. Katso, että vesi- ja rasvafaasit ovat lähes saman lämpöisiä. Kaada sitten rasvafaasi rauhallisesti vesifaasiin ohuena nauhana. Sekoita emulsiota survimella, kunnes se on kokonaan jäähtynyt. Punnitse voiteen massa.



Voidetta tule sekoittaa, kunnes se on tasaisesti jäähtynyt ja alkaa muistuttaa rakenteeltaan kermavaahtoa.



Rasvafaasi kannattaa sulattaa ja kuumentaa vesihauteessa, jotta se ei pääse lämpenemään liian kuumaksi.

## 2. Lieteveiteen valmistus

Lieteveiteessa voiteen lääkkeelliset tai aktiiviset aineet lietetään voidepohjaan. Tänään valmistamme lietevoiteen, jonka aktiiviset aineet ovat piparminttuöljy ja levomentoli.

Välikysymys:

Mikä on levomentolin ja piparminttuöljyn tehtävä flunssavoiteessa?

### Lieteveiteen valmistus

1. Hierrä 1 g levomentolia huhmareessa hienoksi jauheeksi.
2. Lisää valmistamaasi emulsiovoidetta huhmareeseen geometrisen sarjan mukaisesti ja sekoita voidetta huolellisesti joka lisäyksen välissä. Kasaa ennen seuraavaa lisäystä voide huhmareen keskelle voidekorttia tai spatulaa käyttäen. *Geometrisen sarjan mukaisesti tarkoittaa, että voidetta lisätään huhmareeseen kerrallaan enintään niin monta grammaa kuin huhmareessa oleva seos painaa. Eli ensimmäinen lisäys on maksimissaan 1g ja toinen 2g jne.*
3. Lisää viimeisenä pari (2-4) pisaraa piparminttuöljyä ja sekoita huolellisesti
4. Pakkaa valmistamasi flunssavoide voidetuubiin tai purkkiin voidekorttia tai spatulaa käyttäen.
5. Valmista voiteellesi sopiva etiketti, jossa kerrot kaikki voiteeseen käyttämäsi ainesosat, niiden määrät sekä voiteen valmistuspäivämäärän.



Salvakorttia käytetään apuna voiteen sekoittamisessa ja purkittamisessa.

*Tee nämä tehtävät parin kanssa tai pienessä ryhmässä. Pyrkikää perustelemaan kaikki vastaukset tosillenne ja saamaan aikaan keskustelua ryhmänne sisällä. Käyttäkää tiedonhakuun internetiä, mutta arvioikaa aina käyttämänne lähteen luotettavuus.*

1. Valmistamaanne voidetta ei lasketa lääkejätteeksi, sillä se ei sisällä lääkeaineeksi rekisteröityjä aineita. Voiko voiteen siis hävittää sekajätteeseen? (Vinkki, tutki ovatko voiteen sisältämät ainesosat ympäristölle vaarallisia)

Valmisteen ainesosat eivät ole ongelmajätettä, eikä ympäristölle haitallisia. Tuotteen voi siis hävittää sekajätteeseen. Jos epäilee valmisteen sisältävän lääkeaineita tai ympäristölle haitallisia aineita, tulisi se varmuudeksi viedä apteekkiin hävitettäväksi

2. Mihin kotitalouksissa syntyvä lääkejäte viedään ja miten lääkejätteet käsitellään Suomessa?

Suomessa lääkejäte poltetaan Riihimäen jäteasemalla. Kuluttaja voi viedä lääkkeit lähimpään apteekkiin. Lääkepakkauksen pahvi olisi hyvä kuitenkin laittaa pahvinkeräykseen ja muovipurkin voi halutessaan laittaa muovinkeräysastiaan. Ruiskut ja neulat tulisi tuoda erillisessä astiassa samoin kuin jodipitoiset lääkkeet (joditabletit ja puhdistusaineet).

3. Miksi lääkejäte käsitellään ongelmajätteenä?

Ympäristöön, erityisesti vesistöön, joutuessaan monet lääkkeet toimivat hormonihäiritsijöinä tai jopa myrkkyyinä eliöille. Antibiootit voivat taas ympäristöön päätyessään saada aikaan antibioottiresistenttejä bakteerikantoja, jotka voivat aiheuttaa tautiepidemioita.

Vesistöön päässeet lääkeaineet eivät ole pelkästään vesieliöiden ongelma, sillä ne päätyvät myös omaan juomaveteemme sekä kaloja ravinnoksi käyttäviin eliöihin, kuten lintuihin ja ihmiseen.

Lisätietoa esimerkiksi [http://www.syke.fi/fi-](http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Laakejaamat_talteen_jo_paastolahteilla(42658))

[FI/Ajankohtaista/Laakejaamat\\_talteen\\_jo\\_paastolahteilla\(42658\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Laakejaamat_talteen_jo_paastolahteilla(42658))

4. Suomalaiset tuovat lääkejätteeksi noin 100 miljoonan euron edestä reseptilääkkeitä vuosittain. Yhteiskunta maksaa näistä reseptilääkkeistä kelakorvauksina noin 63-83 miljoonaa euroa.

Mieti ryhmäsi kanssa syitä sille, miksi lääkejätettä syntyy näin paljon? Entä miten lääkejätteen määrää voisi mielestänne vähentää?

Lisätietoja esimerkiksi:

<http://www.apteekkari.fi/teemat/vaikuttajavieraat/laakejatetta-syntyy-jopa-100-miljoonan-euron-arvosta-vuodessa.html>